الذكاء الاصطناعي

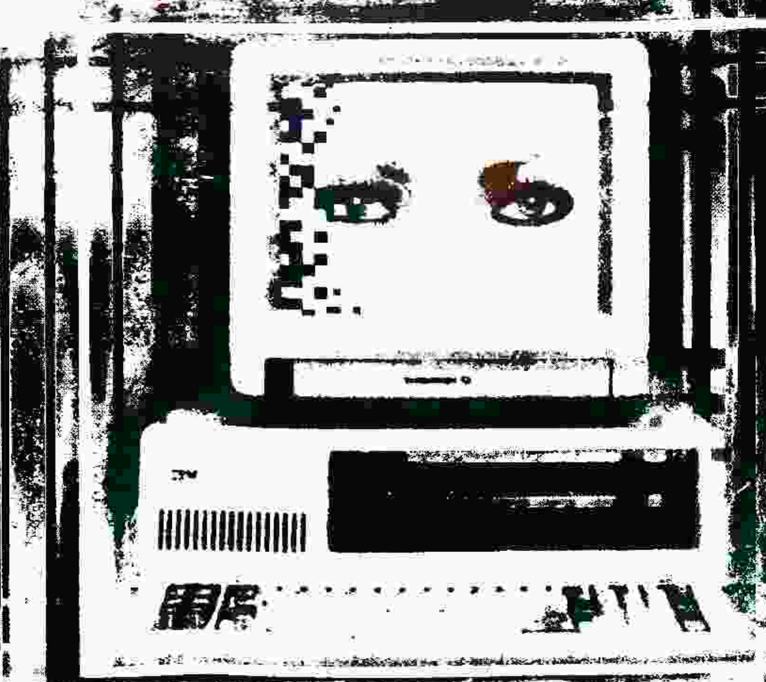
ومدخل الى لغة ليسب

LISP



اعداد

المهندس أسامة الحسيني



دار الراتب الجامعية

حاسة الابصار للكومبيوتر

Computer Vision

مفتتح

عندما تصل موجات الضوء إلى عيوننا، نرى الأشياء، أو بمعنى أدق، نرى صور الأشياء. وبفضل الذكاء الإنساني فإن عمليات مختلفة من المعالجة تجرى على هذه الصورة فنستطيع أن ندرك معانيها وأبعادها وحركتها. ولو تصورنا إنساناً يعبر طريقاً مزدحماً بالسيارات - في غير مكان عبور المشاة - فإن عليه أن يقوم بعمليات معالجة غاية في التعقيد حتى يتمكن من عبور الطريق بسلام. فهو يستقبل الصور المتتابعة لسيارة ما تقترب منه ويجري عملية حسابية سريعة يقدّر بها سرعة السيارة النسبية. وعلى أساس نتيجة هذه العملية الحسابية فإنه يعبر أولاً ولو كانت هناك سيارات كثيرة فالعمليات الحسابية تزداد تعقيداً ويتحول قرار العبور إلى خطة للعبور بها وقفات في منتصف الطريق، وبها تحديد لسرعة العبور لكل جزء، وربما تصل سرعة العبور أحياناً إلى الهرولة تفادياً لسيارة سريعة.

هذه هي حاسة البصر لدى الإنسان. وهي لا تستخدم فقط في رؤية الأشياء بل في إدراك الأشياء وتحلل إبعادها وعناصر حركتها. وهذا يلقى الضوء على مدى الصعوبة التي تواجه العلماء عندما يفكرون في أن يبتكروا حاسة البصر للكومبيوتر أو الروبوط.

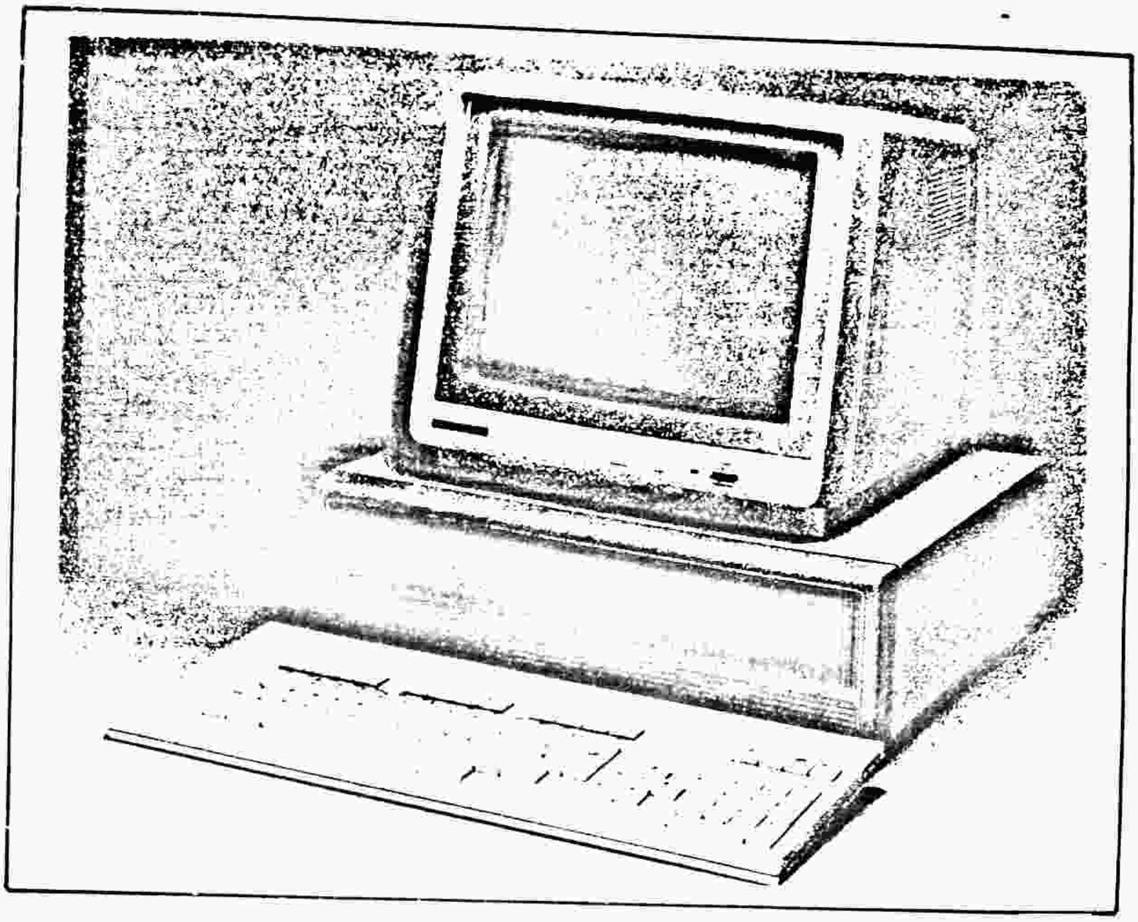
(٤ - ١) تحليل الصور المرئيّة

إن تخزين الصور في ذاكرة الكومبيوتر ليس من المنجزات الحديثة بل إن تاريخه يمتد إلى الخمسينات قبل أن تبدأ أبحاث الذكاء الاصطناعي.

أما وسائل إدخال الصور إلى الكومبيوتر فهي متعددة. فيمكن أن تلتقط الصورة بواسطة كاميرا تليفزيونية، ويتم تحويلها من إشارة تناظرية إلى إشارة رقمية بواسطة محوّل تناظري - إلى - رقمي (AD converter) ثم تختزن الصورة في ذاكرة الكومبيوتر كمصفوفة من النقط الصغيرة أو البكسلات (pixles).

ومن الوسائل الحديثة لإدخال الصور إلى الكومبيوتر هي أجهزة المسح (scanners) التي يمكن بواسطتها إدخال الصور الفوتوغرافية والخرائط والجداول علاوة على صفحات النصوص المكتوبة أيضاً. وبالطبع فإنه يمكن إستخدام الكومبيوتر في هذه الحالة كماكينة لإرسال الصور والتقارير عبر الهواء (telecopy / faxmile) باستخدام المواصلات التليفونية.

وإذا كانت الصورة تختزن على شكل نقط صغيرة، فإنه من المتوقع أن يتطلب هذا التطبيق ذاكرة كبيرة. وكلما زاد عدد النقط فإن دقة الصورة تزداد وبالتالي فإن زيادة الدقة تتطلب زيادة سعة الذاكرة.

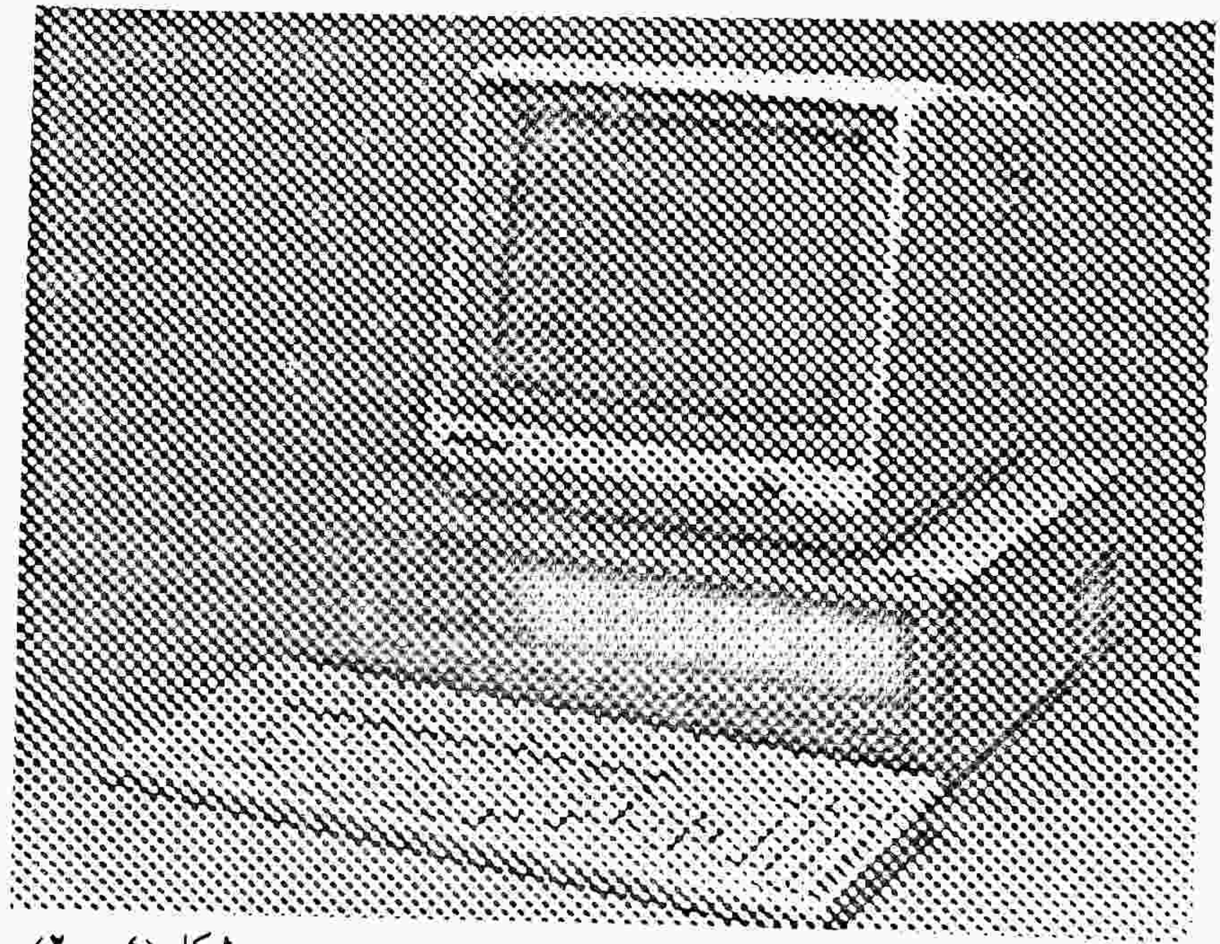


شكل (٤ ـ ١)

صورة مكونة من عدد كبير من النقط (دقة عالية)

وأيا كانت طريقة إدخال الصورة إلى ذاكرة الكومبيوتر فإنها في النهـاية تختزن في صورة مجموعة من النقط كما شكل (٤ ـ ١) فإذا قل عدد النقط الممثلة للصورة كما في شكل (٤ـ ٢) فإن العقل يجد بعض الصعـوبة في ترجمة مضمونها والتعرف عليها.

أما إذا قل عدد النقط المكونة للصورة أكثر من ذلك فإن الدقة تنخفض إلى حد كبير ولعل الكثيرين في هذه الحالـة لا يستطيعـون التعرّف على مـا تحتويه.



شكل (٤ - ٢)

صورة مكونة من عدد أقل من النقط (دقة منخفضة)

هذا بالنسبة للعقل البشري الذي يحاول إيجاد العلاقات التي تربط النقط بعضها ببعض، ومن خلال المقارنة بخلفية واسعة من المعلومات يمكنه التعرف على مضمون الصورة.

أما بالنسبة للكومبيوتر، فسواء كان عدد النقط كبيراً أو صغيراً، فالصورة دائماً بالنسبة له ليست أكثر من مجموعة من النقط ولا تعني أكثر من ذلك. وحتى يتعرف الكومبيوتر على مضمون الصورة لا بد من أن نعاونه على ذلك بتقديم بعض الوسائل التي يمكن بها تحديد ملامح الصورة. هذه الوسائل هي: اللون، والعمق، والنسيج، والحركة. وهي كلها خصائص تساعد في تحليل الصورة.

(٤ - ١ - ١) اللون Color

تساعد خاصية اللون على تحليل معالم الصورة سواء كانت الصورة معروضة على شاشة ملونة أو وحيدة اللون. ففي الحالة الأخيرة سوف تبدو الصورة كدرجات مختلفة من اللون الرمادي تماماً كما نشاهد الإرسال التليفزيوني الملون على جهاز أبيض/أسود. وتحليل اللون يؤدي إلى الحصول على خصائص ثلاث هي :

١ - اللون (hue)

٢ - التشبع (saturation) وهو درجة نقاء اللون.

٣ - الشدّة أو الكثافة (intensity).

ويرمز لهذه الخصائص الثلاث بالمصطلح HSI وهو الحروف الأولى من كل خاصية.

وفي بعض الأنظمة قد يتم تحليل الصورة الملونة إلى ثلاث صور مختلفة واحدة حمراء (Red) وأخرى زرقاء (Blue) وثالثة خضراء (Green). وفي هذه الحالة توصف الصورة بالمصطلح RGB وهو الحروف الأولىٰ من كل لون.

(٤ - ١ - ٢) العمق Depth

يمكن للعين البشرية أن تلاحظ عمق الأشياء بفضل خاصية الرؤية المجسّمة أو الاستريو (Stereoscopic) التي تتحقق للإنسان بسبب إستخدامه العينين معاً، حيث تستقبل كل عين مشهداً من زاوية مختلفة. ويقوم العقل بمعالجة هذين المشهدين معاً وإمدادنا بمعلومة عن البعد النسبي للأشياء التي نراها.

وخـاصية الاسـتـريو يمكن تحقيقهـا للكومبيـوتـر بـاستخـدام زوج من الكاميرات للإمداد بالمشاهد المجسمة.

(٤ - ١ - ٣) النسيج Texture

أما خاصية النسيج فهي تعبر عن التغيرات الموجودة على سطح الجسم والتي قد تؤدي إلى تغير اللون من نقطة إلى أخرى، أما إذا كان النسيج خشناً بـدرجة كـافية فـإن هذا يؤدي إلى تغيـرات في العمق أيضاً. وتسـاعد هـذه الخاصية على التعرف على أسطح الأشياء.

(٤ - ١ - ٤) الحركة (Motion)

إذا كانت الكاميرا متحركة أو كان الجسم متحركاً، فإن الكاميرا يمكن أن تلتقط سلسلة من الصور المتتابعة التي تعبر عن حـالة الجسم من مـواقع مختلفة للمشاهـدة. ويمكن تحليل هـذه السلسلة من الصور بنفس الـطريقة المستخدمة لتحليل المشهد المجسّم (الاستريو).

فـإذا كان المشهـد محتوياً على جسم متحرك أو أكثـر، فـإن التقـاط مجموعة من الصور المتتابعة للمشهد بواسطة كاميرا ثابتة، يساعد على فصل خلفية الصورة عن محتويات الصورة للحصول على معلومة الحركة.

(٤ ـ ٢) التعرف على محتويات الصورة

هناك طريقتان للتعرف على محتـويات الصـور الرقميـة المختزنـة في ذاكرة الكومبيوتر وهما:

١ ـ التعرف على الحواف.

٢ ـ استخدام النماذج المرئية.

وفيما يلي نعرض أهم التفصيلات لكل طريقة منهما.

(٤ ـ ٢ ـ ١) التعرف على الحواف Edge Detection

ناقشنا من قبل التعرف على الصوت وعلمنا أن الصعوبة البالغة في هذا المجال هي معرفة متى تنتهي كلمة معينة ومتى تبدأ الكلمة التالية في الحديث المتصّل.

ولعل صعوبة مماثلة تقـابلنا هنـا في مجال التعـرف على الأشياء التي تضمّها صورة متصلة! وفي مجال التعرف على الأشياء فإننا في الواقـع نهتم بتحديد حواف الأشياء أو حدودها. ولو تخيلنا إنساناً ضريراً يسيـر في حجرة مزدحمة بالأثاث فإنه يتحسس حواف الأشياء ويتعرف على حدودها ثم يخطو خطوته.

وبالنسبة للكومبيوتـر فإن حـواف الأشياء المـوجودة في الصـورة سوف

يصاحبها تغيّر ملحوظ في بعض أو كل خصائص اللون (اللون والتشبع والشدة). ومع ذلك فهناك صعوبات قد تعترض عملية التعرف على الحواف مثل:

- عدم وضوح حواف الأشياء وإمتزاجها مع غيرها.
- قد يتغير لون الجسم الواحد تغيراً ملحوظاً عند بعض أجزائه وفي هذه الحالة يختلط الأمر على الكومبيوتر حيث لا يميز تغير اللون وتغير الحافة.
- قد تتسبب الظلال أيضاً في تغير خواص اللون فتؤدي إلى الخلط بين الحافة والظل.
- تحتوي بعض الأجسام على مستويات مختلفة تتعرض للكاميرا من زوايا مختلفة فتعكس ظلالاً تعتمد على زاوية التعرض للضوء.
- يصعب تحديد النقط التي تلتقي عندها حواف الأجسام.

وقد نجحت بعض الطرق المعتمدة على تحديد الحواف لتحليل الصورة، وذلك بتحديد نوعية الأجسام المراد تصويرها بصفة مسبقة. أما التعرف على الصور بصفة مطلقة فما زال تحت البحث والتطوير.

(٤ - ٢ - ٢) استخدام النماذج المرئية (model — based Vision)

كما إستخدمنا من قبل القوالب الكلامية في التعرف على الكلام بالكومبيوتر فإنه يمكن بالمثل إستخدام القوالب المرئية (image templates) في التعرف على الصور.

والقوالب المرئية تفيد عادة مع الأنظمة التي تتعرف على صور عدد محدود من الأشياء. وفي هذه الحالة تؤخذ صورة للجسم المراد التعرف عليه مستقبلاً وتخزن في الكومبيوتر بعد تحويلها إلى صورة رقمية فتصبح قالباً مرئياً

يستخدم فيما بعد للمقارنة بصورة الجسم المراد التعرف عليه فإذا حدث التطابق بين الصورة والقالب يتحقق الشرط ويتم التعرف أو «فهم» الصورة.

ـ في مجال الحرب:

وللتعرف على الصورة باستخدام القوالب تطبيقات متعددة لا سيما في المجال الحربي. فالأبحاث الجارية حالياً في هذا المجال تهدف إلى إستخدام الكومبيوتر في الملاحة الحربية والتعرف على الأهداف المعادية.

فالجندي الجالس أمام شاشة الرادار أثناء المعركة يرى أمامه «صورة» ما، وقد تكون هذه الصورة مجرد بقعة ضوئية على الشاشة، ذات شكل معيّن. ومن خلال دراسته العسكرية يقوم على الفور بمقارنة هذه البقعة الضوئية بالعديد من الأشكال والنماذج المختزنة في ذاكرته لمعرفة نوعية هذا «الهدف». وبالطبع فإن هذه العملية تستغرق وقتاً وتخضع للقدرة على الاستنتاج والمهارة في التشغيل فضلاً عن الخبرة.

فإذا أوكلنا هذا العمل إلى الكومبيوتر بحيث يقارن الصورة المستقبلة للهدف على شاشة الرادار بما لديه من قوالب مرئية، فإنه يتم العمل بسرعة وبدقة.

ـ في مكافحة الإرهاب:

وفي مجال الأمن تجري الأبحاث لتطوير طريقة التعرف على الأسلحة والمتفجرات التي قد يحملها المسافرون في حقائبهم أثناء دخول المطارات بدون فتح الحقائب أو تفتيش الملابس، حيث أن الأجهزة الحالية قد تعجز عن «رؤية» بعض أنواع الأسلحة المصنوعة من مواد غير معدنية.

ـ في الصناعة:

أما في مجال الصناعة فتستخدم الرؤية بالكـومبيوتـر لتزويـد الروبـوط الصناعي بحاسة البصر.

والروبوط المزود بحاسة البصر يستخدم بنجاح في اليـابان والـولايات المتحدة الأمريكية في عمليات التفتيش على المنتجات وإختبارها وسوف يلي الحديث عن الروبوط والروبوطيات في فقرة مستقلة.

ـ معوقات في طريق البحث..

ومـع ذلك فهنـاك صعوبـات تعترض طـريق البحث في مجال الـرؤية بالكومبيوتر باستخدام القوالب. فلا بد من عزل صورة الجسم المراد التعرف على صـورته عن الخلفيـة الموجـود بها، وهـذا يتطلب إستخـدام تكنيكات التعرف على حواف الصورة. كما أنه لم يتفق بعد على أسلوب عـام لإنشاء النماذج الصورية المختلفة.

(٤ - ٣) الروبوطيـات ROBOTICS

الـروبوطيـات هي إستخدام الـروبوط (المـاكينـات المبـرمجـة) لأداء الأعمال اليدوية المختلفة بدلاً من الإنسان.

وقد صاحب الروبوط والروبوطيات الكثير من قصص الخيـال العلمي التي تصور الروبوط كإنسان آلي ذي قدرات خارقة. ومع ذلك فالإنسان الآلي ليس خيالاً محضاً فهو أيضاً مجال للأبحاث والابتكار. والروبوط الذي يأخذ شكل الإنسان يطلق عليه الاسم **أندرويد «Android»**.

وتستخدم الروبوطيات أساساً في الصنـاعة لأداء العمليـات الخطرة أو المملة مثل اللحام بالقوس الكهربائي أو الـطلاء أو التجميع. وتُعـدّ اليابـان أولى الـدول المتقدمـة في صناعـة الروبـوطيات واستخـدامهـا في المجـال الصناعي لا سيما في الصناعات الإليكترونية.

واستخدام الروبوط في الصناعة يحقق لها المميزات الآتية:

١ - زيادة الانتاجية.

٢ - خفض تكاليف الانتاج.

٣ - التغلب على مشكلات نقص الأيدي الماهرة.

٤ - تحسين نوعية المنتجات.

٥ - إعفاء الإنسان من الأعمال المملّة والخطرة.

(٤ - ٤) مم يتكون الروبوط؟

يتكون الروبوط في أبسط صورة من **ذراع** (manipulator) **ويد** (end effector) **وجهاز لإدارة** ميكانيكات الروبوط (actuator).

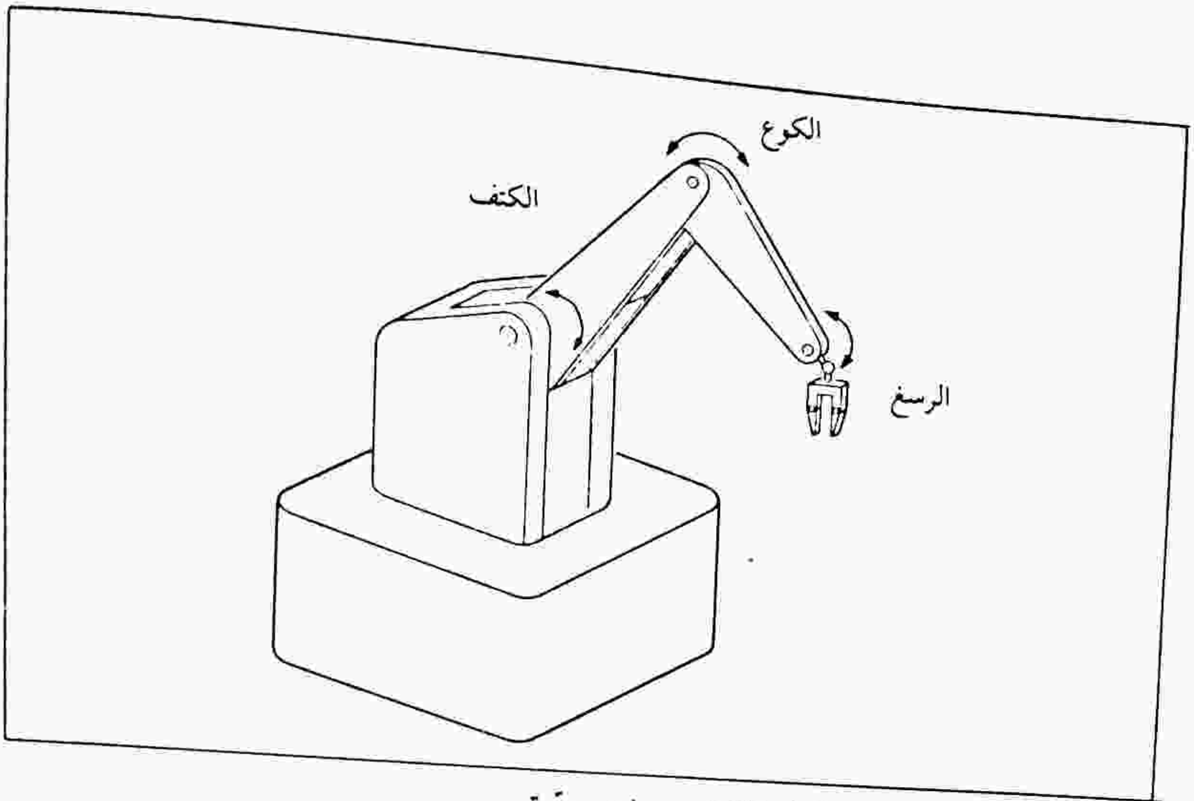
أما الروبوط الذكي فيحتوي بجانب ذلك على **جهاز للإحساس** (sensor) الذي يمكّنه من إستقبال المعلومات عن البيئة المحيطة به في صورة **تغذية عكسية** (feedback).

(٤ - ٤ - ١) ذراع الروبوط (manipulator)

يحاكى ذراع الروبوط ذراع الإنسان بصورة ما، حيث يتكون من **الرسغ** (WRIST) **والكوع** (ELBOW) **والكتف** (SHOULDER).

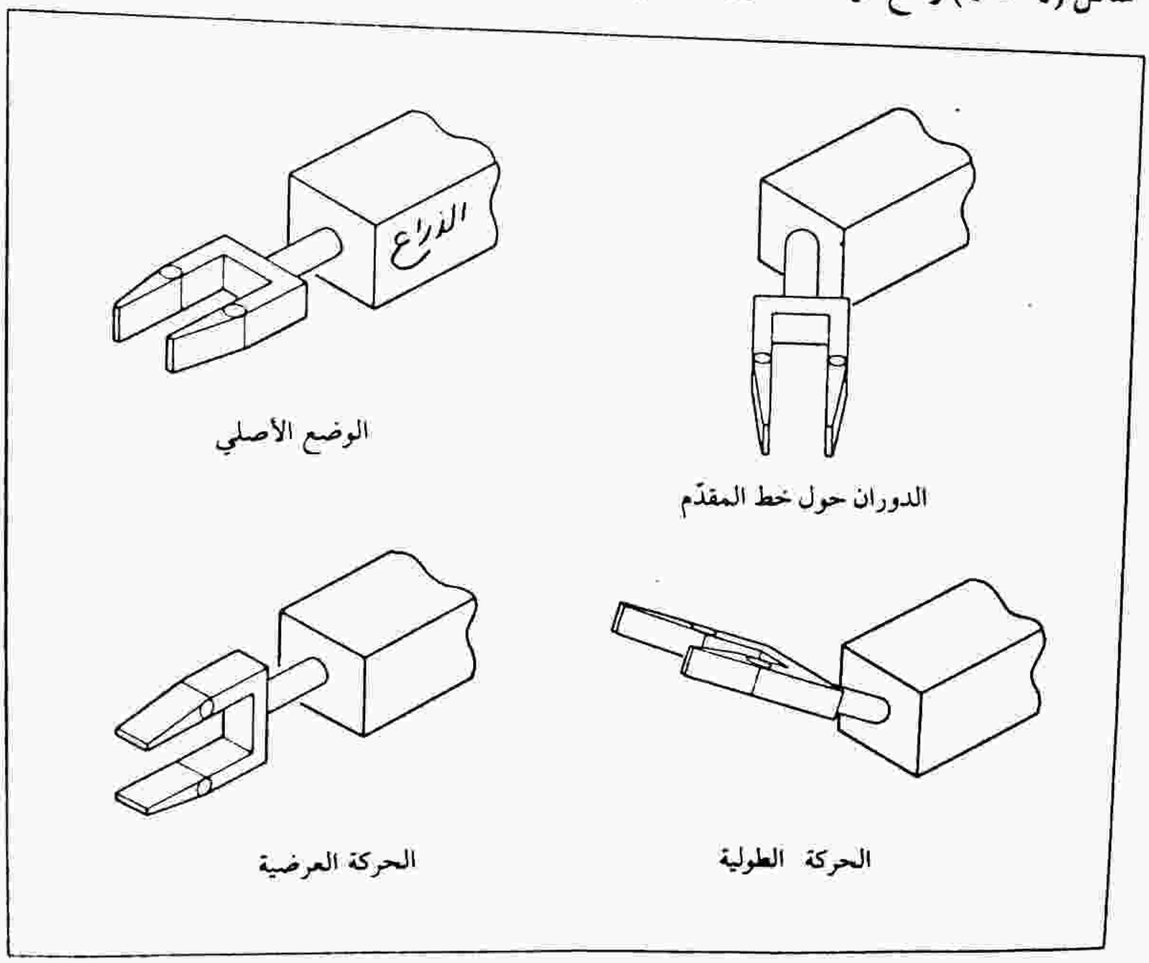
وعادة يحتوي كل من الرسغ والكوع والكتف على مفصّلات تمنح الروبوط درجات مختلفة من الحرية في الحركة. والشكل رقم (٤ - ٣) يوضح ذراع روبوط ذا درجات ثلاث من الحرية تتمثل في مفصلات الرسغ والكوع والكتف.

ويمكن زيادة مرونة الذراع بمنحه المزيد من درجات الحرية فالرسغ مثلاً يمكن أن يحتوي على أكثر من درجة حرية بأن يتحرك في أكثر من اتجاه.



شكل (٤ - ٣) ذراع روبوط ذو ثلاث درجات حرّية

شكل (٤ - ٤) رسغ ذو ثلاث درجات حرّية



والشكل رقم (٤ - ٤) يوضح رسغاً ذا ثلاث درجات حرية تمكنه من أداء ثلاث حركات مختلفة هي الحركة الطولية (Roll) والعرضية (Pitch) والحركة حول خط المقدم أو محور الذراع (Yaw).

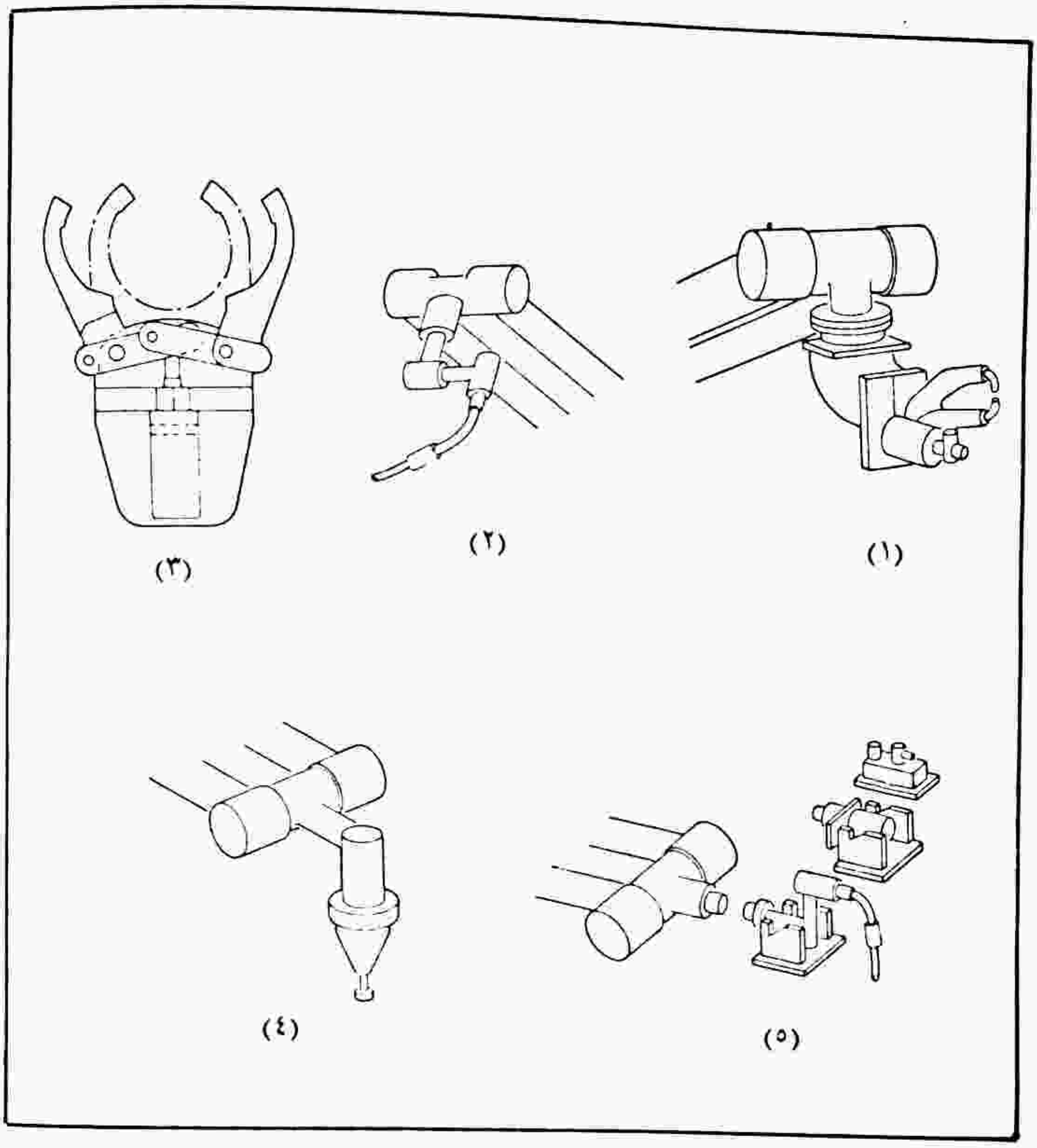
وبالطبع فإن ذراع الإنسان ورسغه يتمتعان بالعديد من درجات الحرية التي تمنحهما مرونة بالغة يصعب تقليدها أو محاكاتها. ومع ذلك فإن درجات الحرية المطلوبة لذراع الروبوط تعتمد أساساً على العمل الذي يقوم به والذي صمم من أجله.

(٤ - ٤ - ٢) يد الروبوط (End effector)

لا تأخذ يد الروبوط شكلاً واحداً فهي دائماً تعتمد في تصميمها على العمل الذي يقوم به الروبوط. فهناك يد تستخدم في اللحام وهناك يد تستخدم في الإمساك بالأشياء أو نقلها من أماكنها. والشكل (٤ - ٥) يوضح بعض الأشكال المختلفة ليد الروبوط التي تستخدم لأداء أعمال مختلفة.

وبطبيعة الحال فإنه لو تمكّن العلماء من بناء اليد التي تصلح لأداء كل الأعمال فسوف تكون أفضل بكثير من تصميم يد لكل مهمة، ولكن هذه اليد «ذات الغرض العام» ما زالت أحد موضوعات البحث ولم تخرج بعد إلى حيز الوجود.

وتتجه الأبحاث التي تهدف إلى إبتكار اليد ذات الغرض العام إلى إضافة الأصابع إلى يد الروبوط لتقليد يد الإنسان، فنحن جميعاً ندرك الدور الخطير الذي تلعبه الأصابع في تسهيل الأعمال التي تؤديها. بل لعلنا - بشيء من الملاحظة - نستطيع أن ندرك أننا عندما نمسك القلم



(١) للحام بالكهرباء
(٢) للحام بالغاز
(٣) للإمساك بالأشياء
(٤) للصنفرة والتجليخ
(٥) تغيير الأدوات .

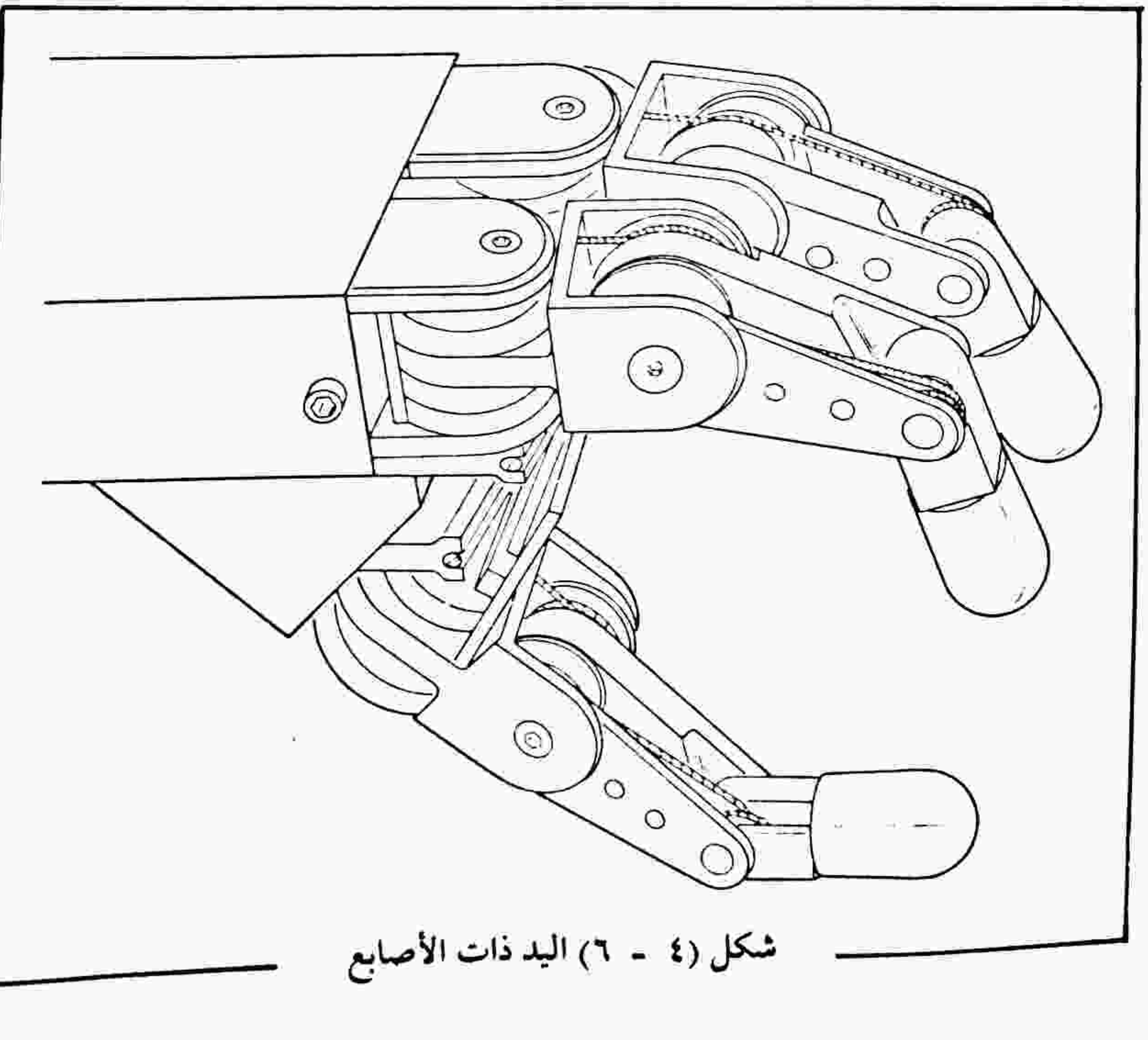
شكل (٤ - ٥)

أنواع مختلفة من يد الروبوط

لنكتب بعض الكلمات، فإن كل إصبع من الأصابع الخمسة يؤدي دوراً هاماً في عملية الإمساك بالقلم وتحريكه.

إن يد الإنسان بأصابعها الخمسة تُعدّ معجزة من أكبر معجزات الخالق ولعل أكثر الناس إدراكاً لعظمة هذه المعجزة هم هؤلاء العلماء الذين يحاولون تقليد بعض إمكاناتها.

وقد أنتجت بعض معامل الأبحاث اليد ذات الأصابع الثلاثة واليد ذات الأصابع الأربعة (شكل ٤ - ٦) لكنها ما زالت تحت التجربة. وفي مقدمة الباحثين في هذا المجال: معامل MIT للذكاء الاصطناعي وجامعة ستانفورد بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (٤ - ٦) اليد ذات الأصابع

(٤ ـ ٤ ـ ٣) جهاز إدارة الروبوط (actuator)

يقوم الجهاز بإدارة الحركة في أجزاء الروبوط المختلفة وعادة ما ينتمي جهاز الإدارة إلى أحد النوعيات الآتية:

١ ـ **جهاز إدارة بالغاز**: وهو يتميز بانخفاض التكلفة لكنه مع ذلك منخفض الدقة أيضاً.

٢ ـ **جهاز الإدارة الهيدروليكي**: وهو يتميز بالقدرة العالية لكنه أيضاً ذو دقة منخفضة.

٣ ـ **جهاز الإدارة الكهربائي** وهو أكثر الأنواع دقة واعتمادية لكنه أقلها قدرة.

وبذلك نرى أن لكل نوعية من الأجهـزة مميزات وعيـوب بحيث يتطلب الأمر إستخدام النوعية المناسبة للتطبيق المطلوب.

(٤ ـ ٥) التحكم في الروبوط (Robot Cotrol)

تقسم الروبوطات إلى قسمين أساسيين من حيث طريقة التحكم في الحركة وأداء العمل المكلف به الروبوط:

١ ـ الروبوط غير القابل للبرمجة.

٢ ـ الروبوط القابل للبرمجة.

(٤ ـ ٥ ـ ١) الروبوط غير القابل للبرمجة:

لا يتميّز هذا النوع من الروبوط كثيراً عن الغسالة الأتوماتيكية التي تغسل وتعصر وتجفف الملابس.

ويمكن للروبوط غير القابل للبرمجة الانتقال من مكان إلى آخر لكنه لا يحتوي على الوسيلة الآلية التي تجعله يُصحّح مساره أثناء الحركة بحيث يتجنب الاصطدام بالعوائق أو يغيّر من مواصفات المسار المرسوم له بأية وسيلة. فهو يتحرك في اتجاه محدد وبسرعة ثابتة فإذا اعترض طريقه عائق توقف عن الحركة. لذلك فالطريقة الوحيدة لتغيير مساره هي ضبط أماكن العوائق.

ويستخدم مثل هذا الروبوط في نقل الأشياء من أماكنها ووضعها في مكان آخر. ويطلق على هذه النوعية من الروبوطات الاسم: (non — servo Robots).

(٤ ـ ٥ ـ ٢) الروبوط القابل للبرمجة

يحتوي هذا الروبوط على جهاز «سرڤو» للتحكم في حركته (servomechanism). واحتواء الروبوط على جهاز السرڤو يجعل من الممكن برمجته والتحكم في حركته ولذلك يطلق على هذه النوعية الاسم (servo Robots).

والبرمجة تتم بأحد طريقتين: إما بالتدريب أو بالتحكم عن طريق الكومبيوتر.

(أ) التحكم في الروبوط بالتدريب (Playback Control)

وعملية التدريب تشبه إلى حد ما عملية التسجيل على جهاز «ريكوردر» فنحن عندما نسجّل أغنية ما على شريط تسجيل، فنحن في الحقيقة «ندرب» جهاز التسجيل على أداء الأغنية عندما نضبط أزراره على وضع الإعادة (playback). بل إن بعض أجهزة التسجيل تتميز بإمكانية البحث عن أغنية معينة على الشريط وإذاعتها بدلاً من إذاعة الشريط كله، وهذا يتطلب أن يحتوي الريكوردر على ذاكرة. ويتم تدريب الروبوط بأحد وسيلتين:

● **التدريب على الانتقال من مكان إلى آخر:**

وهذا النوع يتضمن برمجة الروبوط على النقط المتتابعة المطلوب منه أن ينتقل بينها. وقد يتطلب الأمر تنفيذ التدريب عملياً بحيث يوضع الروبوط في الأماكن المعينة وتتولى أجهزته حساب المسار بين هذه الأماكن.

● **التدريب على المسار المستمر:**

ويتضمن هذا النوع من التدريب تحريك الروبوط بالفعل في المسار المطلوب، وتقوم أجهزته بتسجيل الحركة بحيث يصبح الروبوط

قادراً على تكرارها فيما بعد. ونحتاج إلى هذا النوع من التدريب عادة مع الأعمال المتكررة التي تتميز بنعومة الحركة وسلاستها مثل عمليات الطلاء.

(ب) التحكم في الروبوط بالكومبيوتر (Computer control)

لا بأس من استخدام الطريقة الأخيرة (التدريب على المسار المستمر) لتدريب الروبوط الذي نتحكم فيه بالكومبيوتر. ولكن الاتجاه الحالي هو استخدام لغات خاصة للبرمجة إستحدثت لهذا الغرض وأهمها:

(أ) لغة ويف (WAVE):

وقد ابتكرت هذه اللغة بجامعة ستانفورد عام ١٩٧١.

(ب) لغة أ. ل. (AL):

وقد ابتكرت أيضاً في جامعة ستانفورد عام ١٩٧٢.

(جـ) لغة ڤال (VAL):

وهي لغة ذات طابع تجاري وتعد تطويراً للغة «ويف»، وقد تم إبتكارها عام ١٩٧٩ في شركة «Unimation» كبرى الشركات الرائدة في صناعة الروبوط بأمريكا.

(د) لغة أ. م. ل. (AML):

وهي نسخة مطوّرة من لغة «أ. ل» تتميز بسهولة الاستخدام وقد أنتجتها شركة آي. بي. إم (IBM) عام ١٩٨٠.

وهناك العديد من اللغات المخصّصة لبرمجة الروبوط، تتنافس في أبتكارها الشركات المختلفة ومعامل الأبحاث مثل:

- HELP
- JARS
- MCL
- RAIL
- RPL

(٤ - ٦) الروبوط الذكي (AI — Robot)

يمكن أن يصبح الروبوط المبرمج ذكيّاً، بأن نضيف إليه بعض الحواس التي تجعله يتفاعل مع البيئة المحيطة به وبالتالي يتخذ قراراته بنفسه. فالروبوط القابل للبرمجة حتى الآن ليس أكثر من آلة صمّاء تؤدي ما دربناها عليه، وتتحرك وفق مسار مرسوم لها لا تستطيع تغييره. فالروبوط الذي يمسك بفرشاه ويقوم بطلاء أحد الجدران، لا يشعر بالفرشاه ولا يرى الحائط، ولو أننا رفعنا الحائط من أمامه نهائياً فسوف يستمر في عملية الطلاء.

والحواس التي يمكن إضافتها للروبوط تندرج تحت نوعين أساسيين:

(أ) الحواس المعتمدة على اللمس (contact sensing)

(ب) الحواس غير المعتمدة على اللمس (non — contact sensing)

ومن النوع الأول من الحواس فإن الروبوط لا بد أن يلمس جسماً أخر حتى يحدث التأثير المطلوب عن طريق التغذية العكسيّة. وأجهزة الإحساس المعتمدة على اللمس متنوعة في فكرتها ودرجة تعقيدها. فقد يكون جهاز الإحساس عبارة عن مفتاح (سويتش) يقوم بتشغيل دائرة

كهربية عندما يلمس الروبوط جسماً ما. وهنـاك أجهزة إحسـاس تشعر بالقوة أو العزم أو بدرجة الحرارة.

ومن الاستخـدامات التي تتـطلب إستخدام الحـواس المعتمـدة على اللمس عمليـات التجميع في المصـانع. فـالروبـوط الذي يقـوم بتركيب المسامير القلاووظ في أحد الماكينات سوف تفيده حاسة اللمس إذا تصادف وكان المسمار غير مـلائم للفتحة المفتـرض دخولـه فيها. فبدلاً من أن يستمر الروبوط في المحاولة الفاشلة، فسوف تخبره حاسة اللمس أن يلتقط مسماراً أخر ويعيد المحاولة.

أما الحواس الأخرى غير المعتمـدة على اللمس فيتصدرهـا في الأهمية حاسة البصر.

(٤ - ٧) حاسة البصر للروبوط
(Robot Vision)

إن حاسة البصر للروبوط هي تطبيق مبدأ الرؤية بالكومبيوتر على جهاز الروبوط، بتزويده بكاميرا تليفزيونية والبرمجيات اللازمة لمعالجة المشاهد التي تلتقطها الكاميرا وتعديل العمل الذي يؤديه الروبـوط بما يتناسب مع الموقف. والروبوط ذو حاسة البصر له تطبيقات متعددة في المجال الصناعي والمجال الحربي.

وطريقة الرؤية المتبعة في الصناعة هي طريقة «القوالب المرئية» التي تعرضنا لها من قبل، ففي الصناعة يتعامل الـروبوط مـع نوعيـات محدودة من الأجسام. وفيما يلي نعرض بعض الروبوطيات الشهيرة في الولايات المتحدة وإستخدام كل منها:

(أ) الروبوط «أوتوڤيزيون» (Autovision):

وهـو الروبـوط الذي طـورته معـامل الأبحـاث بهيئة ستـانفـورد للبحـوث (SRI) وهــو يستخـــدم في اللحــام والتفتيش الفـني عـلى المنتجات.

(ب) الروبوط «كونسايت» (CONSIGHT):

وقـد قامت بتـطوير هـذا الروبـوط شركـة جنرال مـوتورز (GM) ويستخدم في نقل الأشياء من ممر متحرك إلى المواضع المختلفة.

(جـ) الروبوط «كي سايت» (KEYSIGHT):

وهو من إنتاج شركة جنـرال موتـورز أيضاً ويستخـدم في تجميع السيارات.

(د) الروبوط «إم. آي. سي» MIC:

وهو منتج بشركة الماكينات الذكيّة MIC وهو يستخدم في التفتيش الفني ويعتمد في تصميمه على نتائج أبحاث هيئة ستانفورد للبحوث.

(هـ) الروبوط العام (VAM):

وهو منتج بشركة تكساس إنسترومنتس ومزوّد بحاسة الإبصار وهو مكلف باختبار وتصنيف الآلات الحاسبة في خط الإنتاج.

(٤ ـ ٨) الروبوط المتحرك (Mobile Robot)

يمكن إضافة خاصية الحركة الذاتية للروبوط بحسب ما تتطلب المهمة فبعض أجهزة الروبوط تتحرك على عجل والبعض يزحف أو يقفز على رجل واحدة والبعض يمشي على أربعة أرجل. والروبوط المتحرك له تطبيقات متعددة مثل تنظيف المكاتب والشركات وحراسة المباني وأداء مختلف الأعمال في مجال الأمن الصناعي.

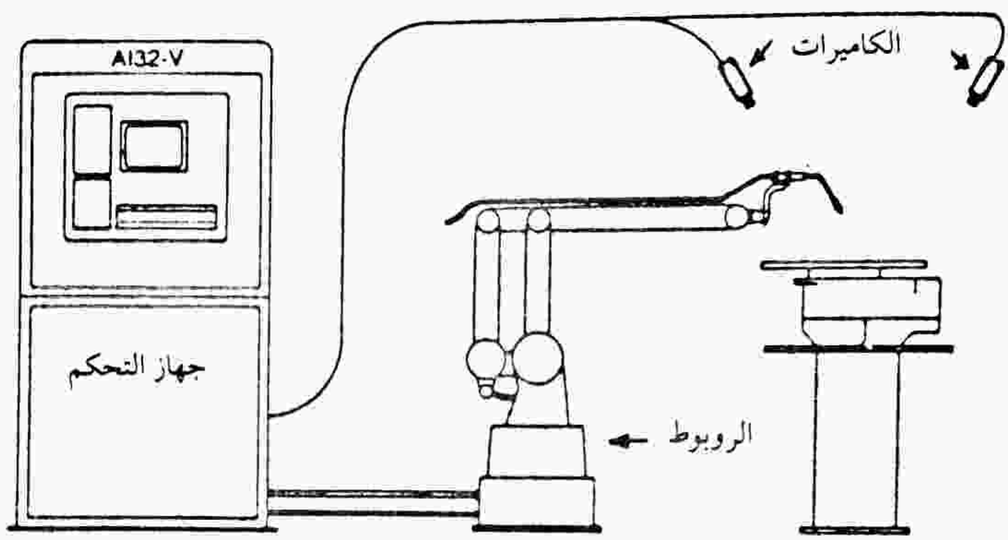
أما في الجيوش فمن المتوقع أن تكون الخطوة التالية هي إستبدال الإنسان بالروبوط في كثير من المهام العسكرية مثل إكتشاف الألغام وكسحها وإلقاء قنابل الدخان والاستطلاع والتجسس على القوات المعادية فضلاً عن الدور الأساسي للجندي وهو القتال باستخدام الأسلحة الصغيرة.

وفي مثل هذه التطبيقات فقد يكون الروبوط ذاتي الحركة يؤدي مهمته بآلية كاملة دون تدخل من الإنسان (autonomous) وقد يكون موجّهاً باللاسلكي (teleoperated) بحيث يكون مستعداً دائماً لتلقي الأوامر العسكرية من غرفة القيادة حيث يتم متابعة موقفه على شاشة ألكومبيوتر.

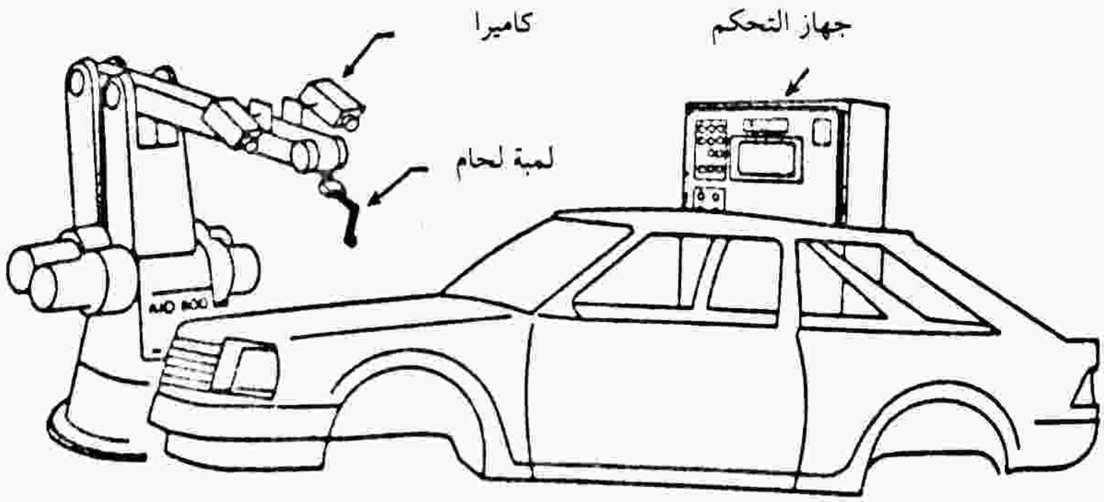
وفي ميدان التجارة فإن الأبحاث الحالية في اليابان تهدف إلى

إنشاء محلات سوبرماركت آلية بنسبة ١٠٠٪ حيث تتولى الروبوطات المتحركة القيام بكافة الأعمال بداخل السوبرماركت.

والأشكال من (٤ - ٧) إلى (٤ -١١) تعرض بعض النماذج للروبوطات المستخدمة في المجالات المختلفة.

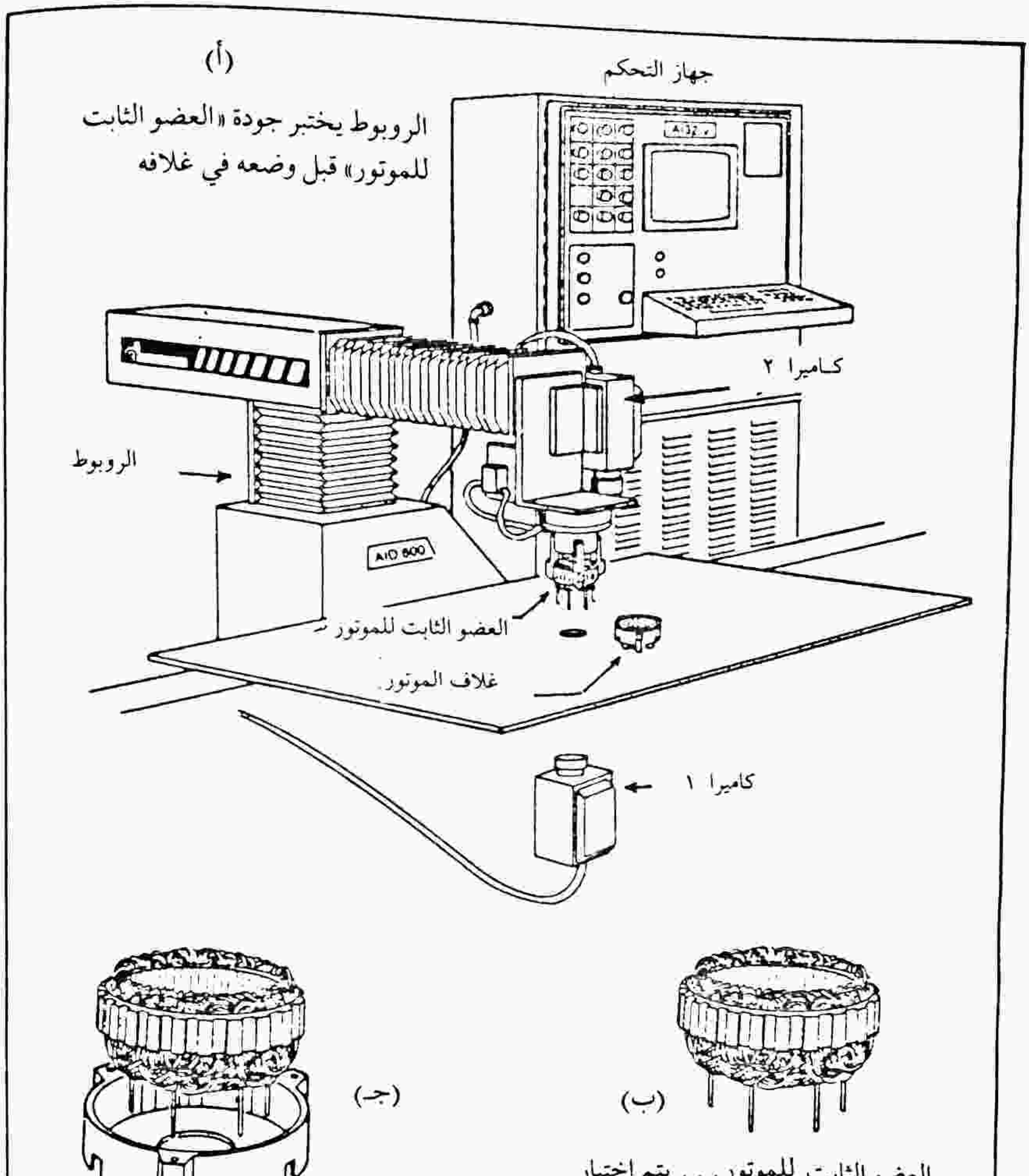


شكل (٤ - ٧) الروبوط الصناعي والكاميرات يتصلان بجهاز التحكم (انتاج أوتوماتيكس)



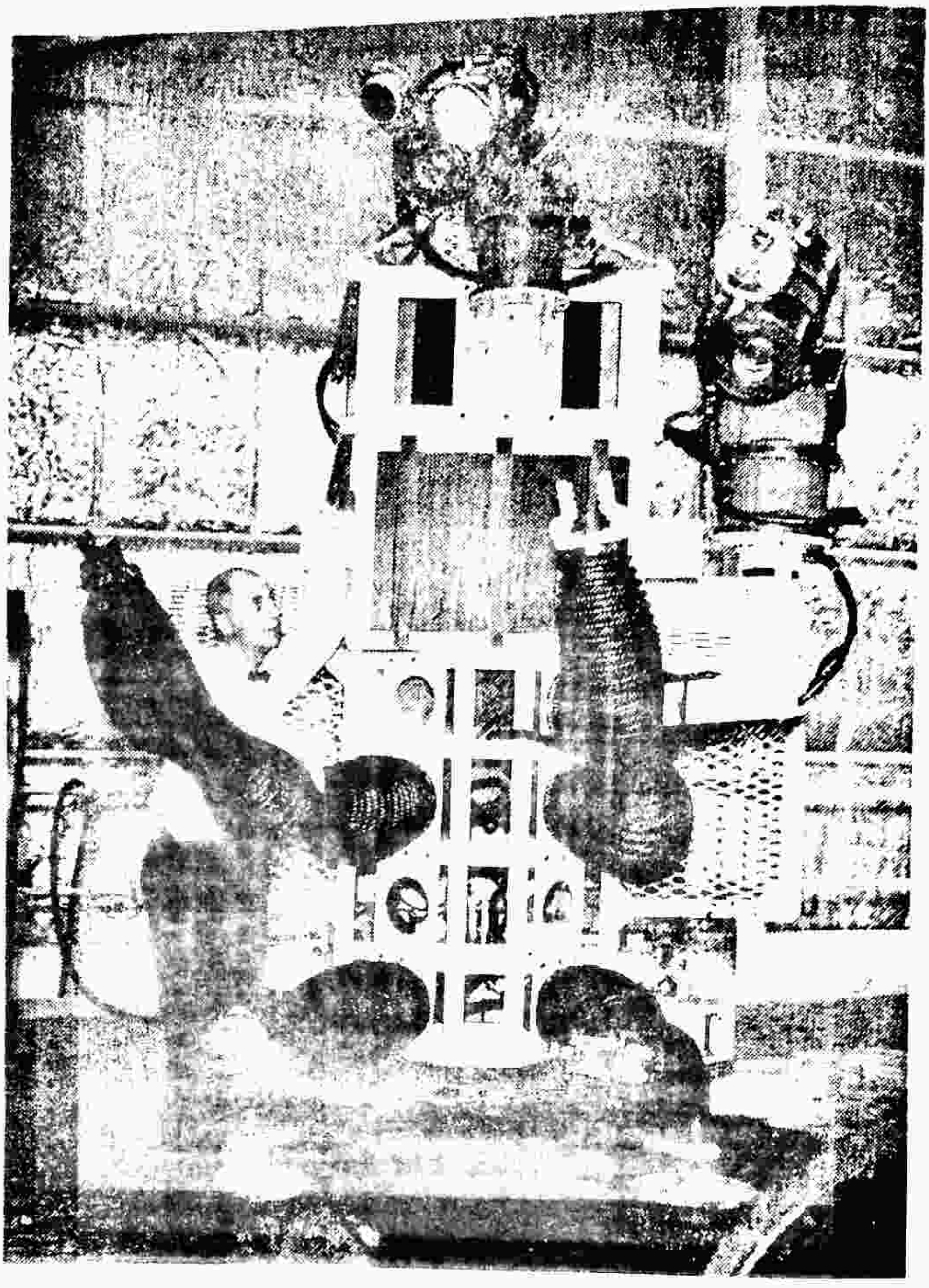
شكل (٤ - ٨)

الروبوط ذو حاسة الابصار يستخدم في اللحام في خط تجميع السيارات

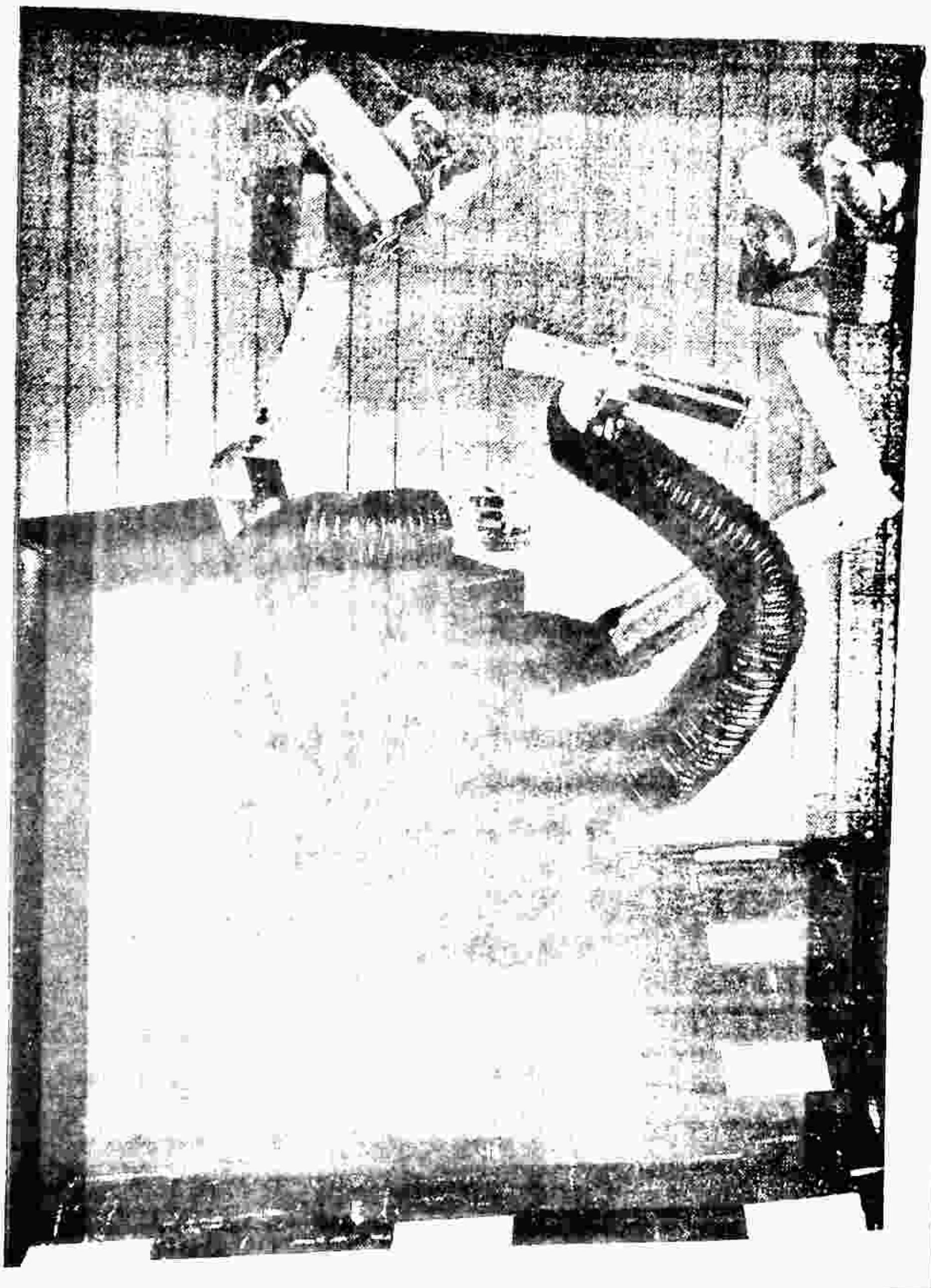


شكل (٤ - ٩)

روبوط صناعي مستخدم في عمليات تجميع واختبار جودة الموتورات



شكل (٤ - ١٠) روبوط مجهز للعمل تحت سطح البحر، مزوّد بكاميرا تليفزيونية وهيدروفون (للاستماع)، وجهاز سونار (لارسال واستقبال الموجات الصوتية)، وأجهزة قياس العمق والضغط.
ويتم توجيه الروبوط إلى أماكن العمل المطلوبة باستخدام جهاز للتحكم مزود بشاشات للمراقبة - على سطح المركب.
لاحظ ضخامة الروبوط بالنسبة للانسان.



شكل (٤ - ١١)

روبوط يقوم بخلط المواد الكيماوية .

تذكر هذه المصطلحات

محول تناظري إلى رقمي	*AID converter*
خليّة . نقطة . بكسلة (أصغر نقطة في الصورة الرقمية)	*pixle*
جهاز المسح (لقراءة الصور والنصوص بالكومبيوتر)	*scanner*
جهاز إرسال الصور (اشتهر بالاسم التجاري فاكسميل)	*telecopy*
اللون	*hue*
التشبع	*saturation*
الشدة	*intensity*
اللون - التشبع - الشدة (خصائص الإشارة الملونة)	*HSI*
الأحمر - الأخضر - الأزرق (خصائص الإشارة المرئية الملونة)	*RGB*
الرؤية المجسمة	*stereoscopic*
العمق } خصائص الصورة	*depth*
النسيج } خصائص الصورة	*texture*
الحركة } خصائص الصورة	*motion*
التعرف على الحواف (للصورة)	*edge detection*
طريقة النماذج المرئية	*model — based vision*
القوالب المرئية	*image templates*
الروبوطيات	*Robotics*
الروبوط	*Robot*
الإنسان الآلي (أندرويد)	*Android*
ذراع الروبوط	*manipulator*
يد الروبوط	*end — effector*

actuator	جهاز إدارة الروبوط
sensor	جهاز إحساس (أو جهاز إستشعار)
feedback	تغذية عكسية
wrist	الرسغ ⎫
elbow	الكوع ⎬ أجزاء ذراع الروبوط
shoulder	الكتف ⎭
servo Robot	روبوط قابل للبرمجة
non — servo Robot	روبوط غير قابل للبرمجة
servomechanism	ميكانيكية سرڤو
Robot control	التحكم في الروبوط
playback control	التحكم بالتدريب
computer control	التحكم بالكومبيوتر
contact sensing	الحواس المعتمدة على اللمس
non — contact sensing	الحواس غير المعتمدة على اللمس
Robot vision	حاسة البصر للروبوط
mobile Robot	الروبوط المتحرك

الخلاصـة

١ . يتضمن مجـال الرؤيـة بالكـومبيوتـر تحليل الصـور المرئيـة من ناحيـة اللون، والعمق، والنسيج ، والحركة .

٢ . تعتمد الرؤية باستخدام النماذج على تخزين القوالب المرئية التي تستخدم في التعرف على عدد محدود من الأجسام .

٣ . يتكون الروبوط من :

الذراع manipulator

اليد end effector

جهاز الإدارة actuator

٤ . يستطيع الروبوط الذكي أن يغيّر من مساره وفقاً للتغذية العكسية الداخلة إليه من جهاز الإحساس .

الباب الخامس

الذكاء الاصطناعي في خدمة الجميع

مفتتح

عالجنا في الأبواب السابقة بعض التطبيقات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي مثل النظم الخبيرة، ومعالجة اللغة الطبيعية، والتعرف على الكلام (حاسة السمع) والتعرف على الصور (حاسة البصر)، ثم الروبوطيات.

وفي هذا الباب سوف نناقش مجالات أخرى للذكاء الاصطناعي ينصب الاهتمام فيها على حل مشكلات العالم الحقيقي الذي نعيشه، والتي تتضمن:

- التعليم الذكي بمعاونة الكومبيوتر
- اتخاذ القرارات بمعاونة الكومبيوتر
- البرمجة الأوتوماتيكية
- ميكنة المصانع والمكاتب.

(٥ ـ ١) التعليم بمعاونة الكومبيوتر (CAI)

يعتبر موضوع التعليم بمعاونة الكومبيوتر من الموضوعات المبكرة التي استخدم فيها الكومبيوتر منذ أكثر من ٢٥ عاماً. وقد شملت موضوعات التعليم آفاقاً مختلفة منها المواد الدراسية التقليدية مثل الحساب والرياضة واللغات، ومنها موضوعات علوم الكومبيوتر: معداته وبرمجته واستخدامه، ومنها برامج الألعاب التي تهدف إلى تنمية المهارات والقدرات الذهنية بصفة عامة.

وقد أطلق على التعليم بمعاونة الكومبيوتر المصطبح CAI اختصاراً للتعبير Computer Assisted Instruction وتتميز برامج التعليم بمعاونة الكومبيوتر بأن إجابات التلميذ على أسئلة الكومبيوتر يتم تصحيحها لتحديد مستوى التلميذ وبالتالي فإن نوعية الأسئلة تتغير وفقاً لمستوى كل تلميذ.

ومع ذلك فمهما كان التجاوب بين التلميذ والبرنامج التعليمي، فإن المادة الدراسية بمستوياتها المختلفة قد سبق إعدادها بداخل البرنامج، وبالتالي لا يمكن أن يتساوى البرنامج التعليمي مع المدرس الخصوصي الذي يمكنه أن يفكر ويبتكر أمثلة جديدة وطرقاً جديدة تصلح للتواءم مع تلميذ معيّن.

فـالبرنـامج قـد يضم ثلاثـة مستـويـات من الأسئلة ولتكن: المستـوى الضعيف والمتوسط والعالي. وهي قوالب جاهزة قد تنطبق أو لا تنطبق على إمكانات التلميذ.

أمـا المدرس البشـري فهو يشعـر بالتلميـذ من خـلال التحـدث معـه ويستطيع أن يغيّر من أسلوبه بما يناسب تماماً طريقة تفكير التلميذ.

لـذلك نمت الحـاجة إلى البـرامج التعليميـة التي تفكـر.. البـرامـج التعليمية الذكية.

(٥ ـ ٢) التعليم الذكي بمعاونة الكومبيوتر (ICAI)

يهدف التعليم «الذكي» إلى تحليل قدرات التلميذ تحليلاً دقيقاً بهدف إنشاء أساليب تناسب كل فرد على حدة.

والعناصر الأساسية لنظام التعليم الذكي هي:

١ ـ خبرة حل المسائل (Problem Solving Expertise)

٢ ـ نموذج التلميذ (Student model)

٣ ـ نموذج التعليم الخصوصي (Tutoring model)

وفيما يلي نناقش هذه العناصر الثلاثة والعلاقات بينها:

(أ) خبرة حل المسائل:

يمثل هذا العنصر «قاعدة المعرفة» في نظام التعليم الذكي حيث يحتوي على المعارف المراد نقلها إلى التلميذ. وتختزن المعارف بالأساليب التي أشرنا إليها من قبل مع النظم الخبيرة.

وتتميز بعض أنواع قواعد المعرفة بإمكانية توليد المسائل وابتكارها.

(ب) نموذج التلميذ:

أما هذا الجزء فهو يقوم بتحليل «شخصية» التلميذ من حيث طريقة فهمه للمسائل والمشكلات المطلوب حلها، وطريقة تفكيره في الحل. ومن المهام المطلوبة من هذا الجزء أن يتعرف على الأسباب الحقيقية التي تجعل التلميذ يفكر في الحل بطريقة خاطئة.

(جـ) نموذج التعليم الخصوصي:

متى تم تحليل شخصية التلميذ والمصاعب التي تواجهه في الحل فإنه يمكن تذليل هذه الصعاب. وهذا هو دور المدرس الخصوصي أو نموذج التعليم الخصوصي حيث يقوم باستنتاج الطرق الملائمة لنقل المعارف إلى التلميذ وتمكينه من إصلاح أخطائه.

وعادة ما يعتمد نموذج التعليم الخصوصي على اللغة الطبيعية لتحقيق الاتصال بالتلميذ على المستوى الفردي.

(٥ ـ ٣) أشهر برامج التعليم الذكي

لم ينتشر التعليم الذكي بمعاونة الكومبيوتر حتى الآن الانتشار التجاري المناسب ومع ذلك فهناك بعض البرامج التي تمت تجربتها بنجاح في معامل الأبحاث وفيما يلي نعرض بعض هذه البرامج :

(أ) البرنامج «BUGGY» لتعليم الحساب والرياضة :

يقوم هذا البرنامج بتقديم مجموعة مسائل في الرياضة إلى التلميذ ثم يقوم بتحليل الأخطاء التي يقع فيها التلميذ للخروج بمفهوم عن الطريقة الخاطئة التي يتبعها التلميذ في الحل.

وتقوم فكرة البرنامج على أن التلميذ الذي يجد صعوبة في حل مسائل الرياضة، عادة يتبع أسلوباً خاطئاً في الحل، وهذا يناقض النظرية الأخرى التي تقول بأنه «لا يعرف أن يُطبق القوانين». فالتلميذ «يعرف»، لكنه يعرف طرقاً غير سليمة. وبتحليل هذه الطرق غير السليمة يمكن دائماً إرشاده إلى الطريقة السليمة للتفكير.

(ب) البرنامج «SOPHIE» لتعليم صيانة وإصلاح الأجهزة الالكترونية :

يحتوي هذا البرنامج على محاكاة لمعمل إليكتروني حيث يقوم

التلميذ بمحاولة تشخيص الأعطال في المعدات الاليكترونية. كما يحتوي البرنامج أيضاً على جزء تعليمي في صورة لعبة تقدم للدارس المعلومات الأساسية في الاليكترونيات.

ويسمى الجزء الخاص بإصلاح الأجهزة SOPHIE-1 أما الجزء التعليمي فيسمى SOPHIE-2. ويأتي اسم البرنامج من التعبير:

SOPHisticated Instructional Environment

(جـ) البرنامج «GUIDON» لتعليم تشخيص وعلاج الأمراض البكتريولوجية:

أما هذا البرنامج فهو برنامج طبي يستخدم قاعدة المعرفة الخاصة بالنظام الخبير مايسين (MYCIN).

ويستخدم البرنامج لتعليم طلبة الطب تشخيص وعلاج الأمراض البكتريولوجية ويتميز البرنامج بأنه يقدم محادثة شيقة حول أعراض المرض تساعد الطالب على تحليل المشكلة تحليلاً كاملاً.

والبرنامج متوافق مع الكثير من الأنظمة المبنية على القواعد (rule-based) ولذلك فهو يمكن استخدامه مع قواعد أخرى للمعرفة.

(٥ ـ ٣ تطوير البرمجيات (software development)

يعتمد الكومبيوتر على عنصرين أساسيين هما:

- المعدات (Hardware)
- البرمجيات (Sofrware)

أما المعدات فهي تشمل الأجهزة بما تحتويه من عناصر ومركبات إليكترونية وميكانيكية.

أما البرمجيات فهي نظم البرامج المستخدمة مع الكومبيوتر.

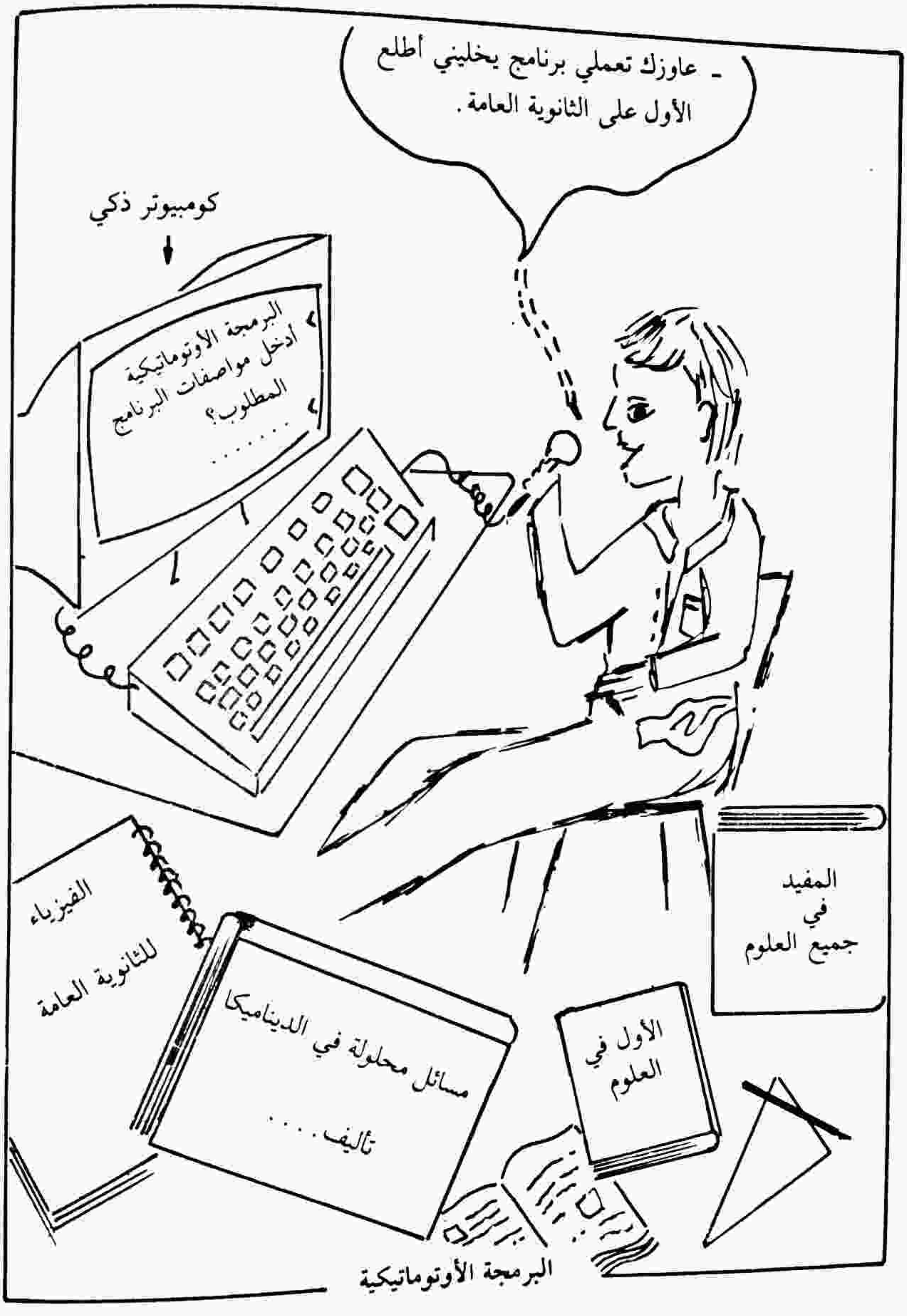
وتختزن البرمجيات بصفة عامة في الأوساط المغنطيسية مثل الشرائط والأقراص وقد تختزن أيضاً في الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) وفي هذه الحالة فإنها تصبح جزءاً من معدّة الكومبيوتر ويطلق عليها الاسم firmware .

وخلال السنوات الأخيرة فقد شاهدنا انخفاض أسعار معدات الكومبيوتر عاماً بعد آخر نتيجة للتقدم المستمر في طرق التصنيع والإنتاج بالجملة وأوتوماتيكية المصانع.

أما أسعار البرمجيات فهي دائماً مرتفعة رغم معدلات التوزيع العالية لأنها تعتمد على وقت وجهد الإنسان المبذولين في إنتاج البرامج. بل إن أسعار البرمجيات قد زادت مع زيادة الإمكانيات التي تقدمها للمستخدم يوماً بعد آخر.

ولقد كان هناك دائماً اتجاه لتقليل جهد الإنسان في التعامل مع الكومبيوتر وبرمجته بدءاً بابتكار اللغات العالية المستوى (high level languages) ثم بابتكار لغات المستخدم النهائي أو «اللغات ذات المستوى العالي جداً» مثل قواعد البيانات (Data Base) والجداول الاليكترونية مثل «لوتس ٣٢١» (Lotus 123) وسيمفوني (Simphony) .

ورغم أن برنامجاً مثل قاعدة البيانات (data base) قد يستغرق في تصميمه شهوراً طويلة وربما أعواماً، ولكنه في النهاية يصبح أداة في يد



ـ عاوزك تعملي برنامج يخليني أطلع الأول على الثانوية العامة.
كومبيوتر ذكي
البرمجة الأوتوماتيكية
ادخل مواصفات البرنامج المطلوب؟
....
الفيزياء للثانوية العامة
مسائل محلولة في الديناميكا
تأليف....
المفيد في جميع العلوم
الأول في العلوم
البرمجة الأوتوماتيكية

مستخدم الكومبيوتر ويمكنه بواسطته إنشاء برامج ذات أغراض مختلفة وفي وقت قصير جداً.

أما الخدمات التي يقدمها الذكاء الصناعي في مجال البرمجيات فهي جميعاً تهدف إلى توفير وقت وجهد الإنسان في إنشاء البرامج، بل وتعفيه في بعض الأحيان من تعلم أية لغة خاصة من لغات البرمجة. ويختص باحثو الذكاء الصناعي بالعمل في الميدانين الآتيين:

١ ـ **إنتاج أدوات ذكية لتطوير البرمجيات**: لمساعدة المبرمجين في المراحل المختلفة لتطوير البرمجيات.

٢ ـ **وسائل البرمجة الأوتوماتيكية**: وهي برامج ذكية يمكن استخدامها بواسطة المستخدم العادي لكي يبرمج الكومبيوتر نفسه بنفسه.

(٥ ـ ٣ ـ ١) الأدوات الذكية:

من الأدوات المعروفة التي يستعين بها المبرمجون في إنشاء برامجهم: برامج التحرير (Editors)، وبرامج الإصلاح (debuggers) علاوة على برامج الترجمة بصورها المختلفة (compilers). ورغم أن هذه النوعيات الثلاثة من البرامج تعتبر أدوات لتسهيل وإنجاز البرامج لكنها مع ذلك تتطلب جهداً ووقتاً في الاستخدام. ولذلك فكر الباحثون في إنتاج أدوات ذكية تتضمن إمكانات الذكاء الاصطناعي لاستخدامها في تطوير البرمجيات. وهي إمكانات توفر الوقت بالنسبة للمبرمجين ذوي الخبرة، وتقدم المساعدات للمبرمجين المبتدئين، وهذه بعض الأدوات التي تم ابتكارها بشركة MIT ضمن المشروع: «Programmer's Apprentice»:

١ ـ برنامج محرّر ذو قاعدة معرفة (Knowledge-based Editor)

ويتميز برنامج المحرر المحتوي على قاعدة للمعرفة بأنه يحتوي على دراية بلغات البرمجة المختلفة بحيث يمكنه الوقوف على أخطاء البرنامج المكتوب أولاً بأول، وذلك بدلاً من الاستعانة بمترجم اللغة لمراجعة الأخطاء ثم العودة إلى برنامج المحرر لإصلاحها.

كما يمكن لهذه النوعية من برامج التحرير توليد بعض أجزاء من البرنامج بإدخال التوصيفات المطلوبة.

٢ ـ وسيلة محادثة للاستفسارات (Interactive Query)

يمكن للمبرمج بهذه الأداة أن يسأل الكومبيوتر بعض الأسئلة المتعلقة بتنفيذ البرنامج. ومن خلال محادثة بسيطة يتمكن المبرمج من تقفّي أثر البرنامج أثناء التنفيذ والتأكد من سلامة كل مرحلة من مراحله أو الوقوف على الأخطاء.

٣ ـ أدوات توثيق أوتوماتيكية (Automatic Documentation)

والمقصود بالتوثيق هو إنتاج الكتالوجات وكتب التشغيل التي تصف منظومة البرامج التي يقوم بإنشائها المبرمج، وتوضح للآخرين طريقة استخدام البرامج. وهذه الأداة تعتبر جزءاً من وسيلة المحادثة السابقة وامتداداً لها، حيث تقوم بتوليد الوثائق المطلوبة أوتوماتيكياً.

(٥ ـ ٣ ـ ٢) البرمجة الأوتوماتيكية (Automatic Programming)

تعتبر الأدوات الذكية خطوة على طريق الهدف النهائي للذكاء الاصطناعي وهو إنتاج الكومبيوتر الذي يبرمج نفسه بنفسه. ولا شك أن

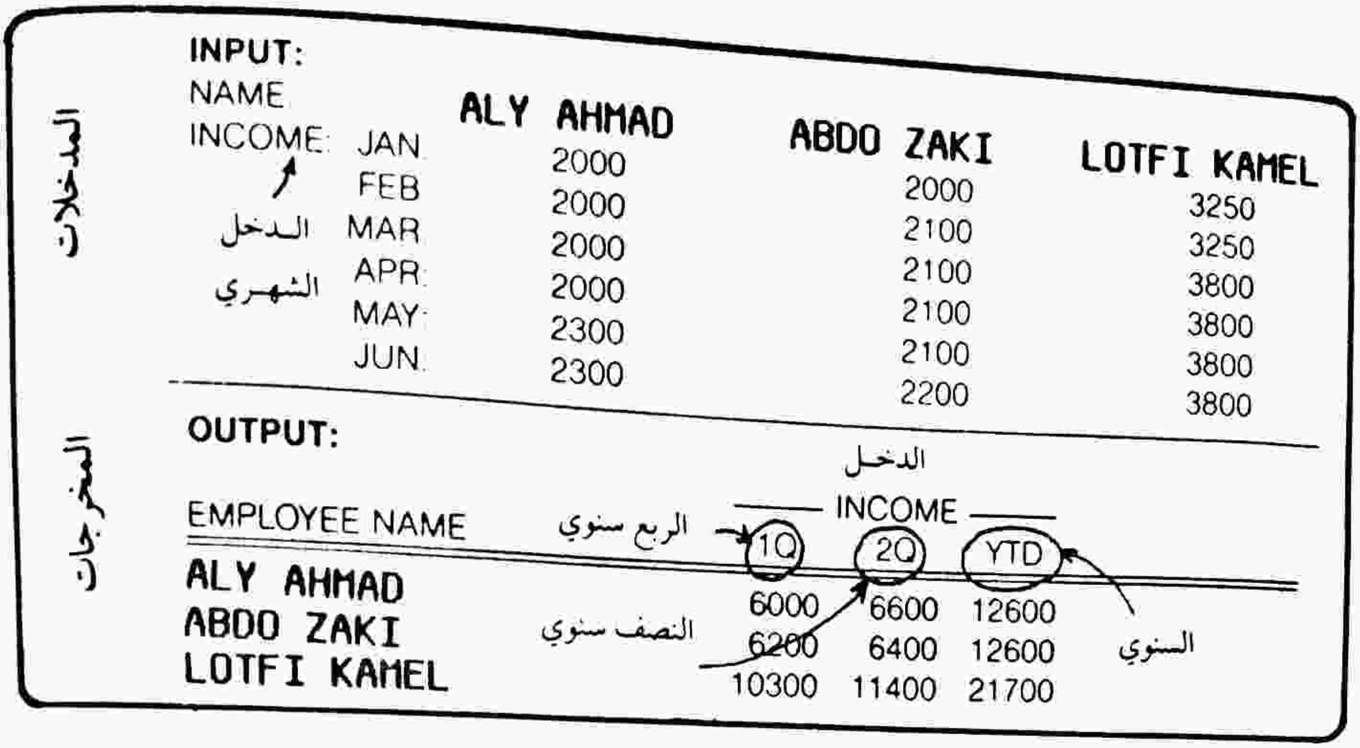
الكثيرين منا يعرفون أن هذا المطلب مطلب عزيز. فالكومبيوتر الذي يبرمج نفسه لن يحتاج على الإطلاق إلى مبرمج، وسوف يتمكن أي إنسان من برمجة الكومبيوتر دون أية دراسة متخصصة. ولعل الفارق بين الكومبيوتر الحالي والكومبيوتر المنشود كالفارق بين الموظف الجديد الذي يتسلم العمل لأول مرة وبين الموظف ذي الخبرة الطويلة الذي يعرف كل تفصيلات عمله. فالموظف الجديد لا بد أن يتولاه أحد الخبراء ليشرح له كل تفصيلات العمل المنتظر أما الموظف ذو الخبرة فيكفيه أن يطلب منه رئيسه ما يريد بعبارة واحدة فيحدد لنفسه برنامج العمل ويبدأ في التنفيذ دون أن يسأل.

ولو أنك تريد بناء عمارة سكنية أو فيلا فما عليك إلا أن تصف للمهندس المختص طلباتك. ولا يهمك أن تعرف عندئذ كيف يقوم المهندس بعمله ولكن ما يهمك أن يبني لك العمارة بالمواصفات المطلوبة. هذا هو الدور الذي نأمل أن يؤديه الكومبيوتر في حياتنا يوماً ما.

وقد اتجه البحث في هذا المجال عدة اتجاهات تتضمن الآتي:

١ - **استخدام المنطق التقليدي** لوصف العلاقة بين مدخلات البرنامج (input) ومخرجاته (output). وتستخدم في هذه الحالة التكنيكات المختلفة للذكاء الاصطناعي لإنشاء البرنامج بعد وصف منطقة ومدخلاته ومخرجاته.

٢ - **استخدام الأمثلة لوصف** العلاقة بين المدخلات والمخرجات. وتتولى إمكانات الذكاء الاصطناعي في هذه الحالة تحليل الأمثلة المضروبة وفهمها لاستخراج منطق إنشاء البرنامج (شكل ٥ - ١).



شكل (٥ ـ ١)

عينة من استخدام الأمثلة لوصف المدخلات والمخرجات

حيث تمثل المدخلات: الدخل الشهري لثلاثة أشخاص وتمثل المخرجات الدخل الربع سنوي، والنصف سنوي، والسنوي

٣ ـ **استخدام اللغة الطبيعية** في وصف البرنامج من خلال وسائل المحادثة مع الكومبيوتر. ومع ذلك فقد ثبت حتى الآن نجاح اللغة الطبيعية في المجالات المحدودة فقط، لكنه لا يجوز الاعتماد عليها في كل التطبيقات. وقد تم بالفعل إنتاج بعض الأنظمة التي تستخدم البرمجة الأوتوماتيكية مثل النظام Prototosystem الذي أنشىء في معمل أبحاث MIT ويضم هذا النظام المراحل الخمس المستخدمة في تطوير البرمجيات وهي:

- التعريف بالمشكلة — Problem Definition
- تحليل المواصفات — Specification Analysis
- التطبيق — Implementation
- التكويد — Coding
- الترجمة — Compiling

(٥ ـ ٤) اتخاذ القرارات بالكومبيوتر

عادة ما يكون هناك أكثر من طريقة لحل مشكلة ما.

وسواء كانت هذه المشكلة مشكلة حقيقية من واقع الحياة أو كانت مشكلة كومبيوترية، فإننا غالباً ما نلتمس الطريق إلى الحل من خلال خطة ما. وتتضمن الخطة عادة سلسلة من الإجراءات تقودنا في النهاية إلى الهدف النهائي.

والخطة لحل مشكلة كومبيوترية هي منطق الحل الذي يبدأ بخريطة تسلسل المنطق (flowchart) أو بالكود الكاذب (pseudo code) وينتهي بمجموعة التعليمات المكونة للبرنامج.

وإذا كان الذكاء الاصطناعي يمنح الكومبيوتر القدرة على وضع خطة لحل مشكلة ما بأن يبرمج الكومبيوتر نفسه بنفسه، فلا شك أنه بالإمكان أيضاً وضع خطط لحل مشكلات الحياة أو على الأقل لمساعدة الناس في حل مشكلاتهم.

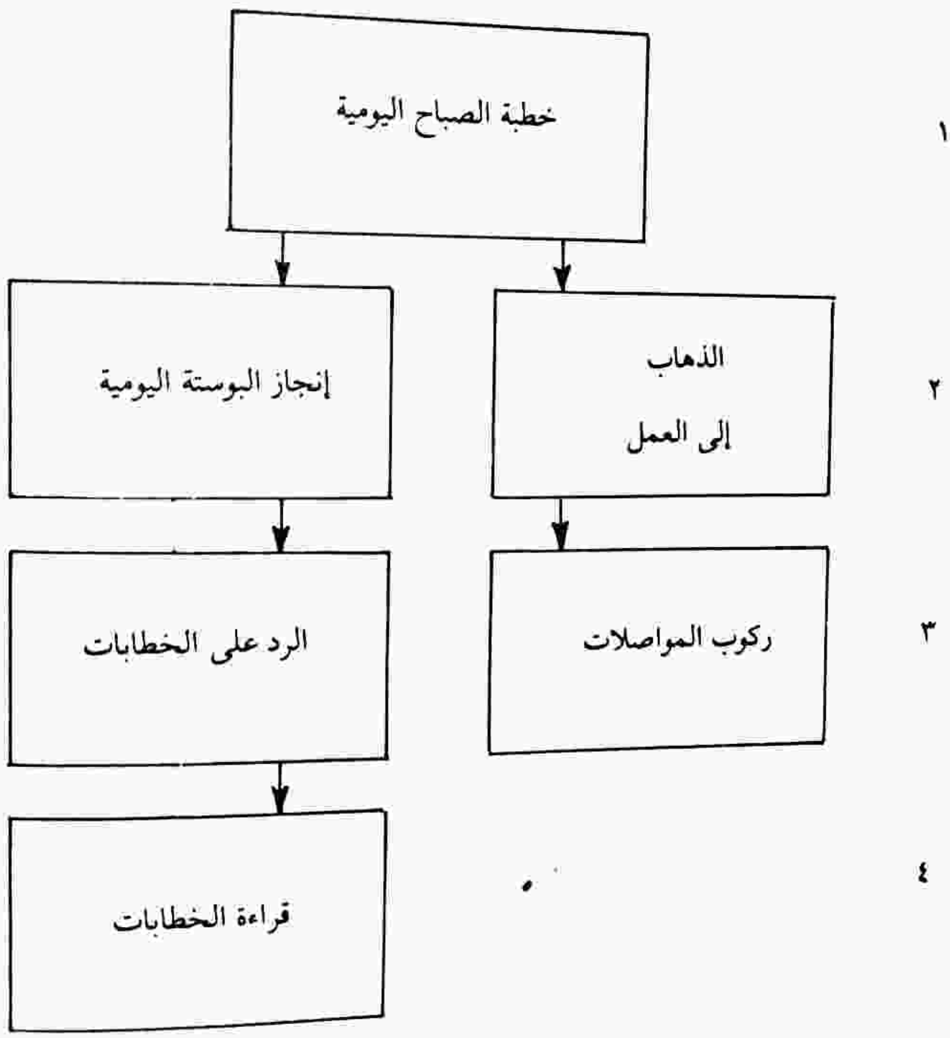
تكنيكات التخطيط

هناك طريقتان للتخطيط: الطريقة التحليلية والطريقة غير التحليلية.

أما الطريقة التحليلية فهي تحتوي على عدة خطوات متسلسلة لتمثيل

المشكلة تختلف فيما بينها في درجة التعقيد (التفصيلات). وعادة نبدأ بالتعميم ثم التبسيط ثم نتدرج في اعتبار التفصيلات الفرعية حتى نصل إلى كل تفصيلات المشكلة.

والشكل (٥ - ٢) يوضح مثالاً لاستخدام الطريقة التحليلية في تخطيط البرنامج اليومي الصباحي لأحد الموظفين.



شكل (٥ - ٢)
التخطيط التحليلي للبرنامج الصباحي لموظف

ونلاحظ في الخطة الصباحية الموضحة بالشكل وجود مستويات للتفصيل حيث نبدأ بالمستوى الأعلى رقم (١) الذي يحتوي على الموضوع إجمالاً، ثم ننتقل إلى المستوى الثاني الذي يشمل الذهاب إلى العمل، وإنجاز البوستة وهما عملان يقعان في نفس المستوى من التفصيل. فإذا تتبعنا عمل إنجاز البوستة اليومية فنرى أنه يحتوي على عملين أحدهما أدنى من الآخر من حيث درجة التفصيل فالرد على الخطابات يشتمل ضمناً على قراءتها أولاً.

وهناك برامج جاهزة لوضع خطة تحليلية للمشكلات منها البرنامج «ABSTRIPS».

أما الطريقة غير التحليلية فهي تعتمد على مستوى واحد من التفصيلات وهي تعتمد على الخبرة بالموضوع. والبرنامج «HACKER» هو أحد هذه البرامج التي تستخدم في حل المشكلات بطرق معروفة، ومع ذلك فهي تبتكر طريقة للحل إذا لزم الأمر.

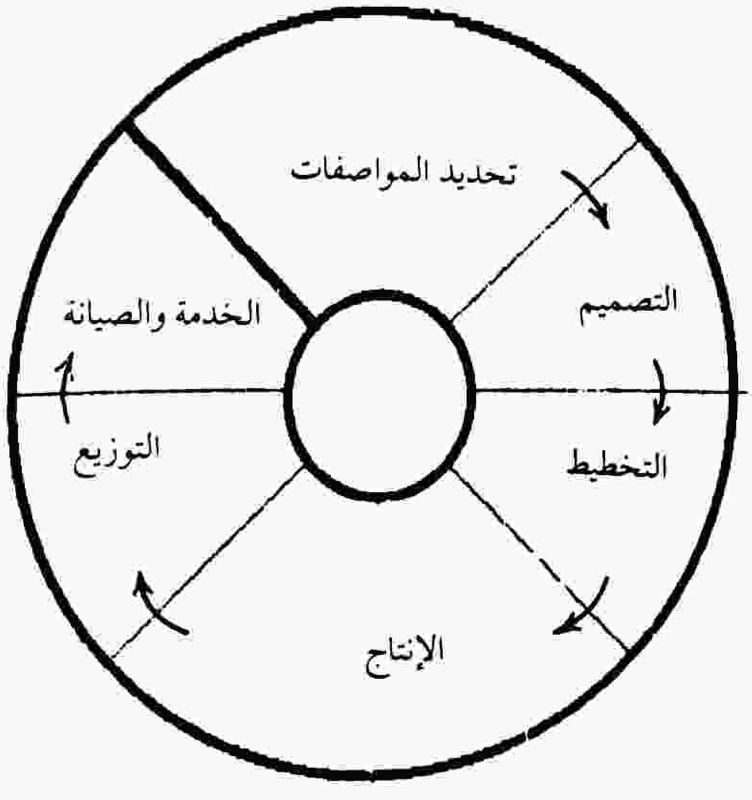
وعادة فإن الحاجة لبرامج التخطيط واتخاذ القرارات تزداد في مجال الأعمال التجارية التي تحتوي على جانب من المغامرة وهي تلزم المديرين لتبصيرهم ببعض الاحتمالات المختلفة والعواقب الناجمة عن اتخاذ قرار معين.

والكثير منا يعلم أن العلم الذي يبحث في فن إتخاذ القرارات هو علم بحوث العمليات.

(٥ - ٥) ميكنة المصانع (Factory automation)

لعل ميدان الصناعة هو الميدان الذي ستختبر فيه كل نظريات الذكاء الاصطناعي إختباراً عملياً وذلك للأسباب الآتية :

١ - تحتوي عملية التصنيع على أنشطة متداخلة ومعتمدة على بعضها البعض وهي جميعاً أنشطة قديمة عرفها الناس منذ زمن طويل ولذلك فجميع عناصرها مفهومة تماماً. انظر شكل (٥ - ٣).



شكل (٥ - ٣)
مراحل عملية التصنيع

٢ ـ من جهة أخرى فإن أصحاب المصانع على استعداد لتمويل مشروع ميكنة المصانع طالما أنه سيزيد الإنتاج ويضاعف الأرباح.

وقد تم تطوير العديد من البرامج التي تساعد على تنفيذ كل مرحلة من المراحل علاوة على تحديد القرارات التي قد تتخذ في إحدى المراحل فتؤثر على مرحلة أخرى من مراحل التصنيع.

ففي مرحلة **تحديد المواصفات** أعدّت كل من شركة DEC وشركة CMU برنامجين يستخدمان اللغة الطبيعية لإعداد المواصفات وهما:

XSEL

XCALIBUR

أما في **مرحلة التصميم** - وهي مرحلة الخلق في دورة التصنيع - فقد أعدّت لها البرامج الآتية:

- البرنامج EL لتحليل واختبار الدوائر الإليكترونية. وقد أعدته شركة MIT.
- البرنامج HI — RISE لتصميم المباني. وأعد بشركة CMU.
- البرنامج VT — A لتصميم المصاعد. وقد اشتركت في إعداده كل من شركة CMU وشركة وستنجهاوس.

هذا علاوة على برامج الذكاء الاصطناعي الأخرى التي تعاون في اختيار التصميمات والخامات التي تقلل المصروفات بدون التأثير على جودة الإنتاج.

وفي **مرحلة التخطيط** فإن برامج الذكاء الاصطناعي تعاون في مجالات كثيرة منها الصيانة وتخطيط منطقة العمل. وقد قامت جامعة «بيرديو» (Purduc) بالولايات المتحدة بتصميم البرنامج Fades لتصميم التسهيلات

الصناعية التي تحقق أقصى استخدام لأرضية العمل بالمصنع. كما قامت شركة «هوني ويل» (Honeywell) بتصميم البرنامج RACE للتخطيط للصيانة والعمرات لماكينات التصنيع.

وفي **مرحلة الإنتاج** فإن الروبوطيات الصناعية لها دور كبير في زيادة كفاءة الإنتاج. هذا بالإضافة إلى عدد برامج ذكية تخدم هذه المرحلة مثل:

- البرنامج IDT لاختبار وتحليل أنظمة الكومبيوتر وهو من إعداد شركة DEC.
- البرنامج IMACS لتنظيم وجدولة ومراقبة عمليات الإنتاج وهو من إعداد شركتي DEC، CMU.
- البرنامج ISIS لتقييم العوامل المضادة التي قد تؤدي إلى إختناقات في العملية الإنتاجية. وهو من إعداد شركتي CMU وستنجهاوس.

أما **مرحلة التوزيع** فهي من أخطر المراحل على الإطلاق. إذا لا جدوى من التوصيف الدقيق، والتصميم الناجح، والتخطيط الجيد، مالم تتوّج كل هذه الجهود بإدارة عملية التوزيع إدارة ذكيّة.

والبرنامج INET يستخدم أساليب الذكاء الاصطناعي في المحاكاة والتحليل لتنظيم وإدارة توزيع المنتجات. وهو من إعداد شركتي CMU، DEC.

تأتي في النهاية **مرحلة خدمة المنتج** بعد بيعه وهي مرحلة حيوية تساعد على استقرار المنتج في السوق. وقد أعدّت مجموعة من البرامج لهذا الغرض:

- البرنامج ACE لتشخيص مشكلات كابلات التليفونات وقد أعد بجامعة كولومبيا معامل «بل» (Bell Labs).

- **البرنامج** CATS لتشخيص أعطال الماكينات البخارية، وتستخدمه حالياً شركة جنرال إليكتريك (GE).
- **البرنامج** Dart لتشخيص أعطال أجهزة الكومبيوتر لدى العملاء وهو من إعداد شركة IBM بالتعاون مع جامعة ستانفورد.
- **البرنامج** PDS لمراقبة أجهزة الاستشعار (الحواس) لتحديد مشكلات الأداء. وهو من إعداد شركة وستنجهاوس.
- **البرنامج** XSITE للمساعدة على تركيب أجهزة الكومبيوتر لدى العملاء وهو من إعداد شركتي DEC، CMU.

مع كل مرحلة من المراحل السابقة التي تسهم في بناء عملية التصنيع، فإن **الإدارة الناجحة** تأتي كعنصر أساسي بكل منها لا يكتمل النجاح إلاّ به.

ومن أشهر برامج الإدارة البرنامج «Callisto» الذي صممته شركتا DEC، CMU وهو يخدم الأهداف الآتية:

- توليد الخطط
- وضع المخططات الزمنية.
- مراقبة حالة المشروع.
- تجميع الموارد.
- تنظيم وإدارة المخزون.
- تقييم القرارات.

(٥ ـ ٦) ميكنة المكاتب (Office automation)

بخلاف ميكنة المصانع التي تعتبر من المشروعات التجارية ذات العائد السريع، فإن ميكنة المكاتب لا تدخل ضمن الأنشطة التجارية بصورة مباشرة لذلك فإنها تسير بخطاً بطيئة نحو التنفيذ.

أما الخدمات التي يمكن أن تقدمها عملية ميكنة المكاتب فهي:

١ ـ المعاونة الإدارية.
٢ ـ التدريب التخصصي.
٣ ـ تطوير الحوار بين الإنسان والكومبيوتر.
٤ ـ التنظيم الذكي للمعلومات، والبحث الذكي عن النصوص.
٥ ـ أجهزة التعرف على الكلام ـ غير المعتمدة على المتكلم.

المعاونة الإدارية

كما مع ميكنة المصانع فإن برامج الذكاء الاصطناعي يمكن إن تسهم في النهوض بالإدارة باستخدام النظم الخبيرة ذات اللغة الطبيعية. وهي يمكن أن تساعد في تشهيل عمليات تحضير الميزانية، وتجميع الموارد وتقييم الموظفين.

التدريب التخصصي

باستخدام برامج التعليم الذكي بمعاونة الكومبيوتر ICAI يمكن للشركات إجراء التدريب التخصصي للعاملين لا سيما في المجالات الفنية، وعلى كل المستويات بكفاءة تامة.

تطوير الحوار بين الإنسان والكومبيوتر

من المتوقع في كثير من الشركات أن يكون المديرون بلا خبرة في التعامل مع الكومبيوتر مباشرة - رغم اعتمادهم الكبير على الكومبيوتر في كثير من شئون الإدارة. وباستخدام الوصلة البينية ذات اللغة الطبيعية بين الإنسان والكومبيوتر سوف يكسر هذا الحاجز أمام المديرين.

التنظيم الذكي للمعلومات والبحث الذكي عن النصوص

مع تطور أجهزة الميكروكمبيوتر وزحفها إلى المكاتب، فإن كمية المعلومات الخاصة بالأعمال الإدارية والتجارية تزداد يوماً بعد يوم لدرجة أنها قد تشكل «حملاً زائداً» من المعلومات!

ومع هذا الكم الهائل من المعلومات، تزداد الحاجة إلى البرنامج الذكي الذي يتولى فحص هذه المعلومات أولاً بأول، وانتقاء المفيد منها فقط!

- **أجهزة التعرف على الكلام غير المعتمدة على المتكلم**

رغم أن مثل هذه الأجهزة لا نتوقع ظهورها في المستقبل القريب ولكنها قد تنجح مع بعض التطبيقات المحدودة مثل:

- إدخال المعلومات واسترجاعها.
- إرسال الرسائل الصوتية.
- البريد الصوتي.
- دليل التليفونات

تذكر هذه المصطلحات

التعليم الذكي بمعاونة الكومبيوتر	*ICAI*
محور ذو قاعدة معارف	*Knowledge — based editor*
وسيلة محادثة للاستفسارات	*Interactive query*
أدوات توثيق أوتوماتيكية	*Automatic documentation*
البرمجة الأوتوماتيكية	*Automatic Programming*
ميكنة المصانع	*Factory automation*
ميكنة المكاتب	*office automation*

الخلاصة

١ - يقوم التعليم الذكي بمعاونة الكومبيوتر (ICAI) بتحليل أداء التلميذ وتطوير الأسلوب المناسب للتعرف على مشكلاته في العملية التعليمية وتقديم الحلول لها.

٢ - تقدم الأدوات الذكية لتطوير البرمجيات عوناً كبيراً للمبرمجين في سائر مراحل إعداد البرامج ومع ذلك فإن الهدف النهائي للبرمجة الأوتوماتيكية هو أن يبرمج الكومبيوتر نفسه بنفسه.

٣ - تساعد برامج المعاونة في اتخاذ القرارات - المديرين على اتخاذ قرارات ذكية.

٤ - تم تطبيق نظريات الذكاء الاصطناعي في ميكنة المصانع لتشمل إعداد المواصفات، التصميم، التخطيط، الانتاج، التوزيع، الخدمة والصيانة، وإدارة المشروعات.

٥ - لم يتم حتى الآن تطبيق تكنيكات الذكاء الاصطناعي في مجال ميكنة المكاتب ومع ذلك فهناك مجالات محتملة للتطبيق في المستقبل القريب.

الباب السادس

معالجة الرموز
والمدخل إلى لغة ليسب

مفتتح

منذ الكومبيوتر الأول الذي خرج إلى العالم في عام ١٩٤٣ حاملاً الاسم: Mark I، مكوناً من بعض المفاتيح الإليكترونية؛ وحتى عصرنا الحالي الذي بدأت فيه رحلة الجيل الخامس للكومبيوتر؛ منذ هذا الحين وحتى الآن فالنظرية الأساسية التي تقوم عليها تكنولوجيا الكومبيوتر لم تتغير. كل ما هناك أن إمكانات الصناعة قد تطورت فتطورت معها طرق التصنيع من المفاتيح الإليكترونية إلى الصمامات إلى الترانزستور إلى شرائح الدوائر المتكاملة ذات كثافة التجميع العالية جداً (VLSI). فبعد أن كان الكومبيوتر الأول يحتل فناءً واسعاً كأنه مصنع من المصانع أصبح الكومبيوتر الحالي الذي يؤدي نفس المهام في حجم الكف.

أما النظرية التي يقوم عليها الكومبيوتر فهي «معالجة الأرقام»، وبالتحديد الأرقام الثنائية باستخدام المنطق «البولياني» الذي قدمه جورج بول في القرن التاسع عشر.

وإذا كان الكومبيوتر يتعامل مع كافة البيانات الرقمية وغير الرقمية، لكن البيانات بكافة أنواعها تتحول إلى أرقام بداخل الكومبيوتر باستخدام وسائل التشفير المناسبة.

ومع ثورة الذكاء الاصطناعي فكر العلماء في أن يمنحوا الكومبيوتر قدرة جديدة تكسبة صفة الذكاء وهي القدرة على معالجة الرموز. ومع هذا التطوير فقد اختصّت بعض لغات الكومبيوتر بهذه الصفة؛ وتميّزت بين هذه اللغات لغة ليسب (LISP). وفي هذا الباب سوف نتعرف بالنظرية الجديدة لمعالجة الرموز كمدخل للغة البرمجة ليسب.

(٦ - ١) كيف يفكر الإنسان؟

هل حاولت مرة أن تتداعى وتترك العقل يتجول على سجيّته بين أرجاء الذاكرة؟ فلتجرب هذه المحاولة: لتحاول أن تتذكر أسماء زملائك في الفصل عندما كنت في المرحلة الأولى الابتدائية.

مهما كانت ذاكرتك قوية فلن تستطيع أن تتذكر الأسماء بحسب ترتيبها الأبجدي ولا بحسب ترتيب أصحابها في التفوق المدرسي. بل في أغلب الأحوال سوف تبدأ بإسم ما، يرتبط في العقل بذكرى قوية وليكن هو اسم الأول على الفصل.

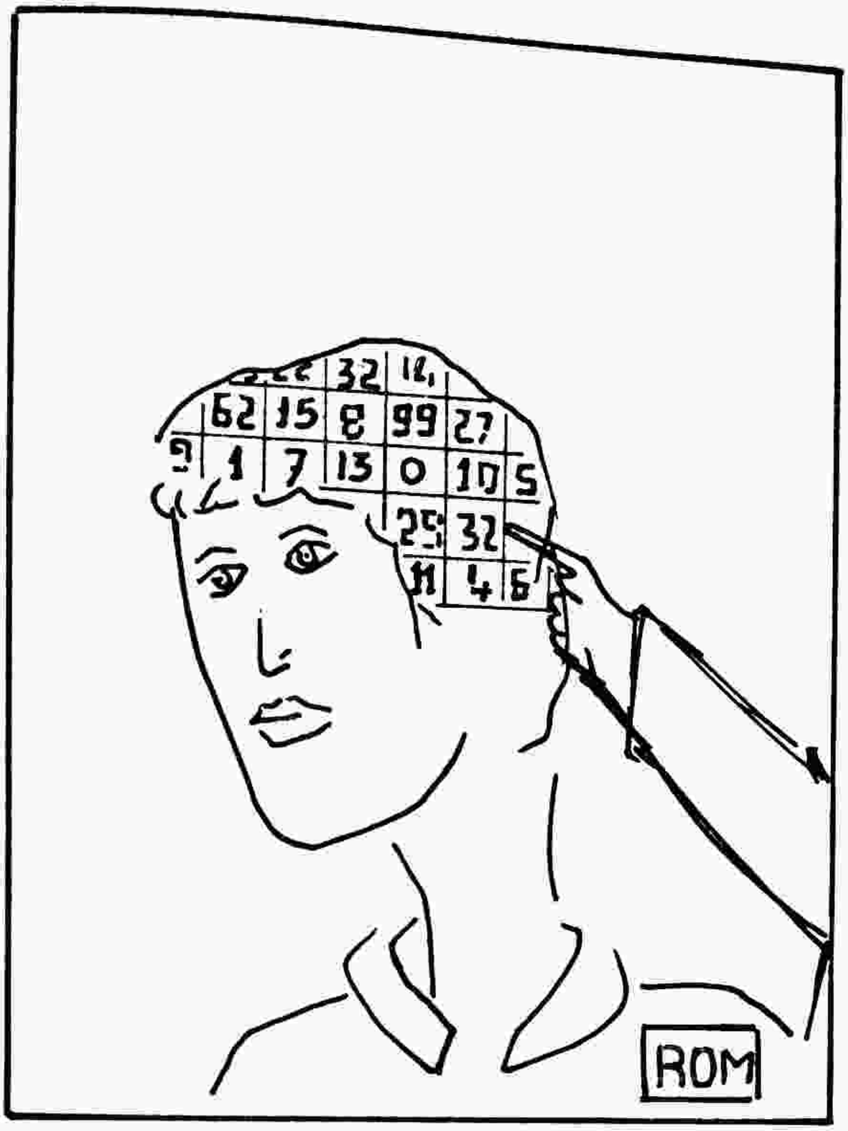
ربما تتذكر اسمه، أو شكله، أو كليهما، وربما يقودك التشابه بين اسمه واسم زميل آخر إلى أن تتذكر هذا الزميل الآخر وشيئاً عن ملامحه أو مكانه في الجلوس في قاعة الدراسة وربما يكون هذا الزميل ذا نوادر طريفة مع الزملاء أو المدرسين تتذكر إحداها؛ ولعل خواطرك تقودك إلى تذكر مدرس معين في أحد المواقف الشهيرة مع هذا التلميذ. وقد تتساءل أين هو الآن هل أحيل إلى المعاش أم ما زال في وزارة التربية؟ وأين الأول على الفصل؟ ربما يكون قد هاجر إلى أوروبا أو أمريكا وهذا يجعلك تنتقل إلى موضوع جديد... وهو تذكر أسماء الزملاء الذين هاجروا سواء ممن زاملوك في المدرسة أو الجامعة.

هـذا هو عقـل الإنسـان. . وطـريقتـه في استـرجـاع المعلومـات من الذاكرة. . .

إن عقل الإنسان يتعامل مـع الصور والـرموز والعـلاقات بين الأشيـاء والمعاني وهو ينتقـل من معنى إلى معنى ومن علاقـة إلى أخرى في تلقـائية وسلاسة. أما الكومبيـوتر الـرقمي فإذا طلبت منـه أن يسترجـع أسماء زمـلاء الفصل فسوف يطبعهم في كشف بحسب ترتيبهم الأبجدي أو أي ترتيب آخر بصرف النظر عن أي علاقات أخرى أو تأملات جانبية لأن الكومبيوتر لا يعرف حتى أنه يتعامل مع لائحة من أسماء الأشخاص.

وليس معنى ذلك أن عقل الإنسان لا يستطيع أن يحتفظ بالعلومات في صورة قوائم مرتبة كمـا يفعل الكـومبيوتـر، فنحن جميعاً نحفظ الأرقـام وفقاً لتسلسلها. ومنا أيضـاً من يحفظ آيات القـرآن الكريم مـرتبة في ذاكـرته من الفاتحة وحتى سورة الناس.

أما الصعوبة التي واجهتك عند محاولة تذكر أسماء زملاء الدراسة في الصف الأول الابتدائي فمرجعها إلى أنك لـم تحاول حفظ كشف الأسماء كما تحفظ قصيـدة شعريـة من مقرر «النصـوص». وإنما كـانت أسماء زمـلائك تختزن في ذاكرتك وفقاً لعلاقتهم بك والمواقف الهامة التي تبرز أحدهم دون غيره، إذن فالاختلاف يرجع إلى طريقة التخزين في الذاكرة. فالعقل البشري يختزن المعلومات في صور شتى ووفقاً لاعتبارات متعددة أما الكومبيوتر فقد صمم أساساً للتعامل مع الأرقام، ولذلك فـإنه عنـدما يتعـامل مـع الحروف الأبجدية والاسماء فإنه يختزنها أيضاً في صورة أرقام باستخدام شفرة خاصة هي الكود (ASCII) أو الكود (EBCDIC).


32
62 15 8 99 27
1 7 13 0 10 5
25 32
11 4 6
ROM

(٦ ـ ٢) معالجة الرموز (Symbolic processing)

لعلنا نعلم جميعاً أن أجهزة الكومبيوتر تتعامل بلغة الأرقام الثنائية المكونة من الصفر (0) والواحد (1) والتي يطلق عليها لغة الماكينة، وأن أية لغة نستخدمها خلاف ذلك يتم ترجمتها في النهاية إلى لغة الواحد والصفر، حتى يستطيع فهمها الكومبيوتر. ومع ذلك فاللغات المختلفة التي نستخدمها ـ والتي تسمى باللغات عالية المستوى ـ تختلف في خصائصها بحيث تصلح إحداها أكثر من غيرها لتطبيق بعينه. فلغة «فورتران» مثلاً تختص بالتطبيقات الرياضية والعلمية، وتختص لغة كوبول بالأغراض التجارية. ولا بأس من استخدام لغة فورتران للأغراض التجارية ولغة كوبول للأغراض العلمية ولكن كفاءة اللغة في هذه الحالة سوف تنخفض كثيراً عندما تستخدم في غير ما صممت من أجله.

واللغة التي تخدم الذكاء الاصطناعي هي اللغة القادرة على التعامل مع الرموز أو على معالجة الرموز. وقد كانت أول لغة تصمم خصيصاً لهذا الغرض هي لغة آي. بي. إل IPL وهي الحروف الأولى من العبارة:

(Information Processing Language)

بمعنى لغة معالجة المعلومات. وقد ابتكرها ثلاثة من الرواد في عام ١٩٥٦ هم:

ألين نيويل (Allen Newell)

ج. سي. شو (I. C. Show)

هربرت سيمون (Herbert Simon)

وقد تميزت لغة IPL بأنها قريبة من اللغات منخفضة المستوى (لغة الماكينة) ولذلك لم تكن سهلة الاستخدام ولذلك فقد جرى عليها عدة محاولات للتطوير، حتى انتهى الأمر بتقديم لغة ليسب (LISP) كلغة من اللغات عالية المستوى.

وقد قدمت لغة IPL خصائص جديدة للغات البرمجة منها خاصية الارتباط (association) بين الرموز المختلفة المختزنة في ذاكرة الكومبيوتر تماماً كما يربط العقل بين محتويات ذاكرته. أما الطريقة التي استخدمت لتمثيل الارتباط بين الرموز فهي طريقة القوائم لتمثيل البيانات.

(٦ - ٣) القوائم (Lists)

تعتبر القوائم هي أحد طرق تمثيل البيانات وهو تتوفر ببعض اللغات دون البعض الآخر. ولكن اللغات الموجهة للذكاء الاصطناعي تعتمد على تمثيل البيانات في صورة قوائم بصفة أساسية. ولقد اشتق اسم لغة ليسب من العبارة «LIST Processor» بمعنى معالج القوائم.

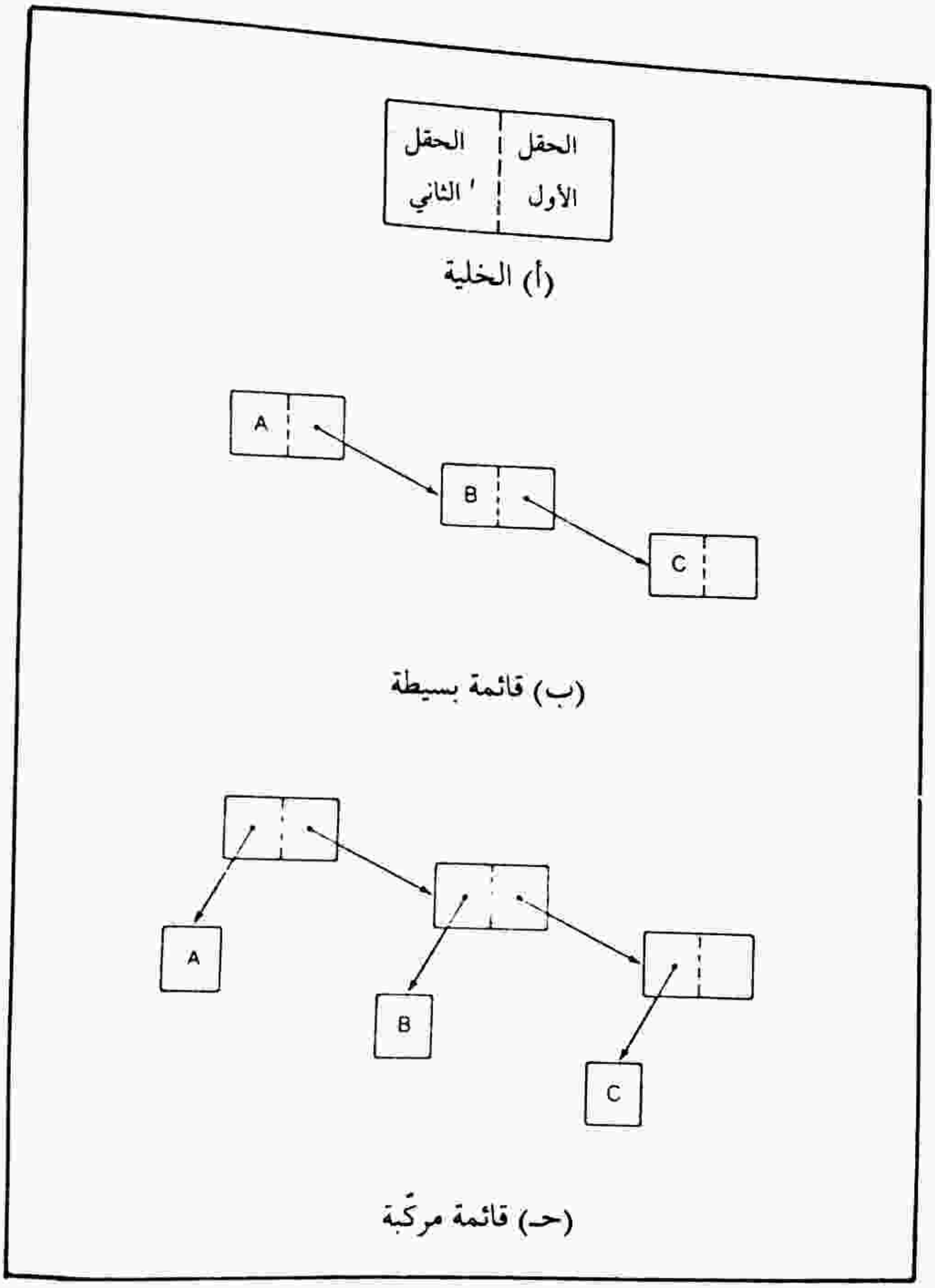
فما هي القائمة؟

يمكن تمثيل القائمة في أبسط صورها بمجموعة من **الخلايا** (cells) تتكون كل خلية منها من جزئين أو حقلين (**fields**). ويحتوي أحد الحقول على رمز من الرموز أما الحقل الآخر فيحتوي على **مؤشر** (pointer) يشير إلى الخلية التالية. انظر شكل (٦ - ٢) أ، ب.

وفي الصورة المركبة للقائمة (كما هو الحال في لغة ليسب) فإن كل خلية يمكن أن تشير إلى الخلية التالية وإلى رمز من الرموز (فيما عدا الخلية الأخيرة) كما في شكل (٦ - ٢) حـ.

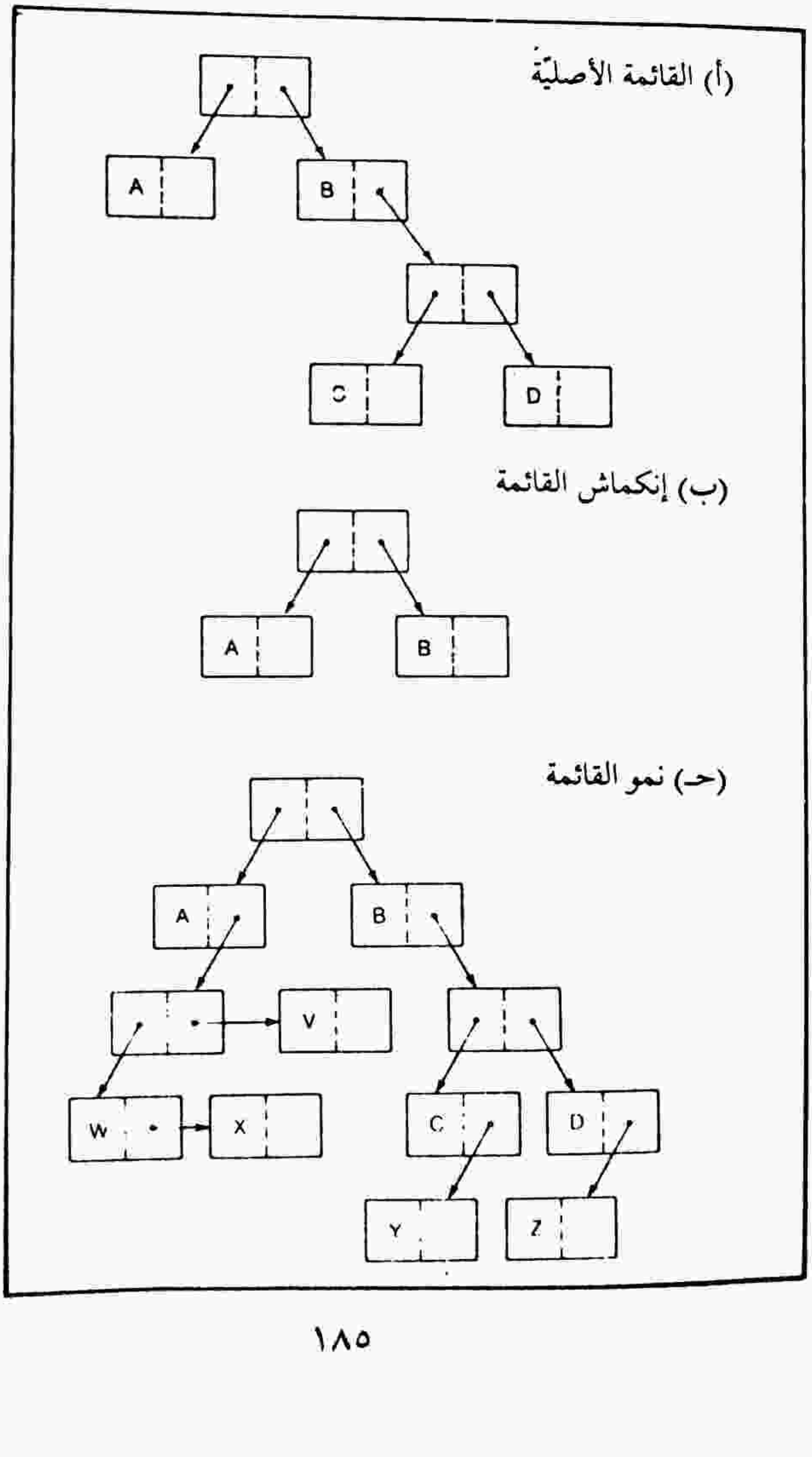
ولأن كل خلية تشير إلى الخلية التالية فإن هذا لا يستدعي حفظ القائمة في خانات متتابعة في الذاكرة كما هو الحال مع المصفوفات (arrays). بل إن خلايا القائمة قد تكون مبعثرة هنا وهناك في ذاكرة الكومبيوتر، ولكنها مع ذلك تظل مرتبطة مع بعضها البعض بفضل المؤشرات الموجودة بكل خلية.

كما تتفوق القـوائم كصورة من صـور تمثيل البيـانات على غيـرها من الصور بأنها لا تتطلب تحديداً مسبقـاً لحجم البيانـات قبل تنفيـذ البرنـامج . فالقائمة منشأ ديناميكي للبيانات قابل للانكماش وللتمدد أثناء تنفيذ البرنامج .



شكل (٦ - ٢) تمثيل القوائم بالخلايا والمؤشرات

فإذا كنت تستخدم منشأ للبيانـات مثل «المصفـوفات» فـإنه لا بـد من تحديد نوع وحجم البيانات مقدماً حتى يقوم الكـومبيوتـر بتخصيص المكان المناسب لها في الذاكرة. ليس هذا هو الحل مع القوائم فكما نرى في شكل (٦ ـ ٣) أن القائمة (أ) يجوز أن تنكمش كما في (ب) أو تنمو كما في (حـ) أثناء تنفيذ البرنامج.



شكل (٦ ـ ٣) إنكماش ونمو القائمة أثناء تنفيذ البرنامج

(٦ - ٤) لغة ليسب (LISP)

في عام ١٩٥٨ قام جون ماك كارثي (John McCarthy) بتصميم برنامج «ذكي» أطلق عليه الاسم «advice taker» لكنه لم يتمكن من تنفيذ هذا البرنامج باستخدام إحدى لغات الكومبيوتر المعروفة في ذلك الوقت، فقام بتصميم لغة «ليسب» خصيصاً لهذا الغرض. ورغم أن برنامجه الذكي لم يكتب له التوفيق حتى الآن، لكن لغة ليسب صارت هي اللغة الأولى في مجال الذكاء الاصطناعي. وقد اعتمدت لغة ليسب الأصلية على القوائم كمنشأ للبيانات ثم أضيفت إليها مع الوقت ملامح جديدة زادت من نفعها في مجال الذكاء الاصطناعي. وفيما يلي نقدم أهم ملامح اللغة:

(٦ - ٤ - ١) خاصية التواتر (Recursion)

عرفنا أن عنصر القائمة يشير دائماً إلى عنصر آخر، ومن الجائز أن يشير إلى قائمة أخرى. وفي هذه الحالة فإن القائمة تصبح سلسلة من القوائم التي تستدعي بعضها البعض. ويقال لمنشأ البيانات الذي يستدعي نفسه بنفسه أنه منشأ متواتر (recursive).

ولا تقتصر خاصية التواتر على البيانات فقط بل تمتد إلى تكنيكات البرمجة أيضاً بمعنى أن البرامج الفرعية أو الروتينات يمكنها أن تستدعي

نفسها بنفسها أيضاً، وهي خاصية تتوفر لقلة من لغات الكومبيوتر. والمثال الآتي يوضح كيف تتواتر تكنيكات البرمجة.

فلحساب مضروب عددٍ ما وليكن هو العدد 3 فإننا نعتمد على الحقيقتين الآتيتين:

١ - أن مضروب العدد 1 هو 1.

٢ - أن مضروب أي عدد صحيح أكبر من الواحد هو عبارة عن هذا العدد مضروب في مضروب العدد الصحيح الأصغر منه مباشرة.

أي أننا لكي نحسب مضروب أي عدد لا بد أن نحسب مضروب العدد الأصغر منه مباشرة ولكي نحسب مضروب هذا العدد الأخير لا بد أن نحسب مضروب العدد الأصغر منه... وهكذا حتى نصل إلى مضروب الواحد الصحيح فتنتهي العملية.

وهذا هو المثال بالأرقام:

لحساب مضروب العدد 3 فإننا نجري العملية:

$$3! = 3 \times 2!$$

ولأن العملية تتضمن مضروب العدد 2 فلا بد أن نجري العملية التالية أولاً:

$$2! = 2 \times 1!$$

أما مضروب العدد 1 فهو يساوي 1 بالتعريف. لذلك فإننا يمكن أن نبدأ بالتعويض من نهاية العملية حتى نصل إلى بدايتها كالآتي:

$$\begin{aligned} 2! &= 2 \times 1! \\ &= 2 \times 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

وبالتعويض عن مضروب 2 نحصل على :

$$3! = 3 \times 2! = 3 \times 2 = 6$$

هذا المنطق الذي يستدعي نفسه بنفسه يسمى المنـطق المتواتـر وهي عملية تشبه الحيّة التي تبتلع ذيلها!

ولا تتوفر هذه الخاصيـة بكل لغـات الكومبيـوتر بمعنى أنـك مع هـذه اللغات الأخرى لا يمكنك استخدام المنطق السابق لحساب مضروب عـدد ما.

(٦ - ٤ - ٢) البرامج والبيانات وجهان لعملة واحدة

يتميز البرنامج المكتوب بلغة ليسب بأنه عبارة عن قائمة!

هذا يعني أنه لا فرق بين البرامج والبيانات!

بـل يعني أكثر من ذلـك أن البرنـامج يمكن أن يستخـدم كقائمـة من البيانات بواسطة برنامج آخر أو حتى بواسطة نفسه

إنها خاصية فريدة لم نشهدها مع لغة أخرى من لغات الكومبيوتر. فما هي الفائدة التي تحققها هذه الخاصية في مجال الذكاء الاصطناعي؟

أولاً: بهذه الخاصية يمكن تحقيق التكامـل بين المعلومات الاخبـارية (dec-larative knowledge) وبـين الـمعـلومـات المـنـهـجـيـة (procedural knowledge).

ثانياً: يمكن بواسطة هذه الخاصيـة أن يقوم البـرنامـج بتعديـل نفسه بنفسـه بـإضافـة بعض الأجزاء أو حـذفها، بـل يصبح في الإمكـان أن يخلق البرنامج برنامجاً آخر.

ثالثاً: يستطيع البرنامج أن يحتفظ بمسيّر للتنفيذ يسجّل فيه التعليمات التي تم تنفيذها والترتيب الذي نفذت به. وباستخدام هذا المسيّر يستطيع النظام الخبير أن يشرح لنا كيف توصّل إلى نتيجة معينة!

(٦ - ٤ - ٣) الترجمة الفورية لبرنامج ليسب

نحن نعرف أن هناك نوعان من الترجمة: الترجمة التجميعية (compilation) والترجمة الفورية (interpretation). ومن استخدام لغة بيسك من قبل لا شك أنه يعرف أنها - غالباً - ما تترجم ترجمة فورية، سطراً بسطر إلى لغة الماكينة أثناء تنفيذ البرنامج. والترجمة الفورية تؤدي إلى بطء تنفيذ البرنامج بمقارنتها بالترجمة التجميعية التي يتم فيها ترجمة البرنامج مرة واحدة إلى لغة الماكينة قبل التنفيذ. ورغم أن عملية الترجمة التجميعية تستغرق وقتاً طويلاً لكنها في النهاية تؤدي إلى سرعة تنفيذ البرنامج.

ومع ذلك ففي مجال الذكاء الاصطناعي فإننا نحتاج إلى الترجمة الفورية لأن عملية تطوير البرنامج نفسها لا تتبع منطقاً مؤكداً بل تخضع للتجربة والخطأ. بالترجمة الفورية تتيح نوعاً من «المحادثة» بين المبرمج والمترجم.

ومع ذلك فبعد تمام إنشاء البرنامج والتأكد من صحته يمكن إستخدام المترجم التجميعي للغة ليسب لتنفيذ البرنامج بسرعة؛ فهو متوفر أيضاً.

والبرنامج المكتوب بلغة ليسب برنامج متحدّث ليس فقط أثناء الترجمة بل أثناء التنفيذ أيضاً، وهي خاصية تجعل البرنامج يستطيع الحصول على المزيد من المعلومات اللازمة لحل المشكلة أثناء التنفيذ.

(٦ - ٤ - ٤) إمكانات المترجم ليسب

لأن لغة ليسب لغة قديمة المنشأ فقد أضيفت إليها الكثير من الوسائل والإمكانات التي تسهل عملية تطوير البرامج بخلاف لغات الذكاء الاصطناعي الأخرى. وهذه الامكانات تشمل:

- برامج التحرير (text editor) التي تستخدم لإدخال سطور البرنامج إلى ذاكرة الكومبيوتر.
- برامج الاصلاح (debuggers) التي تستخدم في كشف أخطاء البرنامج وإصلاحها.
- النوافذ (windows) التي تستخدم لعرض الأجزاء المختلفة للبرنامج على الشاشة في نفس الوقت.

(٦ - ٥) عناصر لغة ليسب

إن الأحجار الأساسية التي تبنى منها لغة ليسب هي الذرات (atoms) ومن الـذرات تُبنى القـوائم، ومن القـوائم والـذرات تُبـنى الـتعبيـرات (expressions) ومن التغيـرات تتكون المنـاهج (Procedures) التي تشتـرك مع البيانات في تكوين البرنامج، ولنتحدث بالتفصيل:

(٦ - ٥ - ١) الذرات (atoms)

تعتبر الذرة هي أصغر مكونات لغة ليسب. وقد تحتوي الذرة على عدد أو رمز من الرموز. والمثال الآتي يعرض أمثلة لبعض هذه الذرات:

● ذرات عددية:

12
3.14
.00144

● ذرات رمزية:

+
★
IBN_SINA_BOOKSHOP
INTELLIGENCE

(٦ - ٥ - ٢) القوائم (Lists)

تتكون القائمـة من سلسلة من الذرات أو القـوائم محتواة بين قـوسين كالأمثلة الآتية:

(+ 5 1234)

(21 BOOKS IBN_SINA_BOOKSHOP)

(ANIMALS (HERBIVORS (COWS SHEEP) CARNIVORS (LION TIGER))

فلنتحدث عن أهم ملامح هذه القوائم.

فالقائمة الأولى تحتوي على عنـاصر ثـلاثة الأول هـو ذرة رمزيـة (+) والعنصران الثاني والثالث ذرات عددية.

والقائمة الثانية تحتوي على ثلاثـة عناصـر أيضاً. ونـلاحظ فصل كـل عنصر عن الآخر بمسافة خالية.

فإذا انتقلنا إلى القائمة الثالثة فسوف نجد أنها قائمة مركبة أي أن بعض عناصرها عبارة عن قوائم. فهي تتكون أساساً من:

- الذرة: ANIMALS
- القائمة:

(HERBIVORS (COWS SHEEP) CARNIVORS (LION TIGER))

وهذه القائمة تشمل بداخلها ذرات وقوائم فهي تحتوي على:

- الذرة HERBIVORS بمعنى الحيوانات آكلة الأعشاب.
- والقائمة (COWS SHEEP) وهي قائمة الأبقار والأغنام.
- الذرة CARNIVORS بمعنى الحيوانات آكلة اللحوم.
- والقائمة (LION TIGER) وهي قائمة الأسد والنمر.

وكما نرى أن القائمة تحتوي على عناصر مرتبة ترتيباً موضوعياً، فالقائمة الأخيرة تشمل تقسيماً لأنواع الحيوانات وأمثلة لكل نوع. وعادة يطلق على القوائم والذرات معاً مصطلح التعبيرات الرمزية (symbolic expressions) أو ـ اختصاراً ـ التعبيرات (expressions).

(٦ ـ ٥ ـ ٣) المناهج (Procedures)

يتكون البرنامج المكتوب بلغة ليسب من مجموعة من المناهج (procedures) التي تصف تعليمات تنفيذ العمل المطلوب. ولذلك قد تسمى المناهج أيضاً باسم البرامج الفرعية أو الروتينات.

وعادة يكون المنهج هو أحد العناصر القائمة ويأتي في مقدمتها كما سنرى. وقد يكون المنهج موجوداً أصلاً باللغة وقد يكون مبتكراً بواسطة المبرمج.

فإذا كان المنهج من النوع الأول فيطلق عليه اسم «المنهج الأوّلي» (primitive)، وأما النوع الآخر فيسمى المنهج المبتكر.

والآتي يعد مثال للمنهج الأولى لجمع الأعداد (+):

```
(+ 3 5)
```

فكما نرى أن العلامة (+) التي تمثل منهج الجمع تأتي في مقدمة القائمة جنباً إلى جنب مع الأعداد المطلوب جمعها. ولذلك فالتعبير السابق يتم تقييمه بالعدد 8 وهو حاصل الجمع 5 +3.

فلنر مثالاً للمنهج المبتكر، ولنعتبر مثال حساب مضروب العدد N الذي عرضناه من قبل.

```
(DEFUN FACTORIAL (N)
(COND ((-N 1) 1)
(T (*N (FACTORIAL (-N 1))))))
```

وكما نرى فإن هذا التعبير يبدأ بكلمة DEFUN وهي إختصار العبارة DEfinc FUNction بمعنى «عرّف الدالة الآتية»...

ويلي هذه الكلمة اسم المنهج المراد تعريفه وهو FACTORIAL (N). وبصرف النظر عن منطق التعريف الذي جاء بهذا التعبير، فإنه بموجب تعريف مترجم لغة ليسب بالمنهج الجديد فإنه يستطيع التعرف عليه متى صادفه بعد ذلك. فإذا كتبنا التعبير الآتي ضمن البرنامج:

(FACTORIAL 5)

فإنه يستطيع تقييم هذا التعبير بالاستعانة بالمنهج المبتكر السابق تعريفه والخروج بالنتيجة المطلوب وهي العدد 120.

(٦ - ٥ - ٤) مناهج معالجة الرموز

تتضمن لغة ليسب العديد من المناهج الأولية المخصصة للتعامل مع الرموز وفيما يلي سوف نعرض الأمثلة التي نتعرف بها على طريقة التعامل مع الرموز.

● **اختيار العنصر الأول (CAR)**

يستخدم المنهج الأولي CAR للبحث عن أول عنصر في القائمة كما في المثال الآتي:

(CAR ' (A B C)

يتم تقييم هذا التعبير بالقيمة A وهو أول عنصر في القائمة (A B C) وقد يكون العنصر المطلوب عبارة عن قائمة كما في المثال الآتي:

(CAR ' ((A B) C))

.. نتيجة تقييم التعبير الأخير هي القائمة (A B) لأنها هي العنصر الأول في القائمة التي جاءت بعد المنهج الأولي CAR.

كما يجوز استخدام المنهج الأولي ليؤثر على منهج أولي آخر وفي هذه الحالة يصبح التعبير مكوّناً من تعبيرات متداخلة (nested) كالمثال الآتي :

(CAR (CAR ' ((A B) C)))

وعند تقييم مثل هذا التعبير فإننا نبدأ بالأقواس الداخلية ثم الخارجية كالآتي :

١ - القائمة الداخلية التالية للمنهج CAR هي :

(CAR ' ((A B) C))

هذه القائمة مماثلة للقائمة الواردة في المثال الثاني ، ولذلك فإنه عند تقييمها تسفر عن (A B) .

٢ - عند التعويض في التعبير الأصلي بالقيمة (A B) يصبح :

(CAR ' (A B))

وهذا التعبير يسفر عن القيمة A .

● **اختيار كل العناصر ما عدا الأول (CDR)**

أما المنهج الأولي CDR فهو المنهج المقابل للمنهج CAR حيث أنه يستخرج من القائمة كل العناصر فيما عدا العنصر الأول كالأمثلة الآتية :

(CDR ' (A B C))

قيمة هذا التعبير هي (B C) أي القائمة التي تضم كل العناصر فيما عدا العنصر الأول (A) .

(CDR ' ((A B) C))

أما قيمة هذا التعبير فهي (C) لأن العنصر الأول في القائمة هو (A B) .

ويجوز أن يجتمع أكثر من منهج أولي في تعبير واحد كالمثال التالي :

(CDR (CAR ' ((A B) C)))

وعند معالجة هذا التعبير نبدأ بتقييم التعبير الداخلي CAR الذي يسفر عن (A B) ثم التعبير الخارجي CDR الذي يسفر عن (B).

● **التخصيص (SET)**

أما المنهج الأولي SET فيستخدم لتخصيص قيمة ما لأحد الرموز كالمثال الآتي:

(SET X ' A)

يقول هذا التعبير: خصص القيمة A للرمز X وبموجب هذا التعبير فإن الرمز X أصبح محتوياً على القيمة A.

وهذا مثال آخر:

(SET SIGNS ' (STOP SLOW)

في هذا التعبير قد خصصنا القائمة (STOP SLOW) لرمز إشارات المرور SIGNS.

فلنر المثال الثالث:

(SET JIM (CAR ' (A B C)))

أما مع هذا التعبير فلا يفوتنا أن العملية CAR يجب أن تُنفّذ أولاً لانتخاب العنصر الأول في القائمة، يلي ذلك تخصيص هذا العنصر للرمز JIM.

إضافة عنصر جديد إلى قائمة (CONS)

يستخدم المنهج الأولي CONS في حالة إذا ما أردنا إضافة عنصر إلى بداية قائمة كالمثال الآتي:

(CONS ' A '(B C))

بموجب هذا التعبير يضاف العنصر A إلى القائمة (B C) فتصبح القائمة الجديدة هي (A B C)وهذا مثال آخر:

(CONS '(A B) '(C D))

بموجب هذا التعبير تضاف القائمة (A B) كعنصر أول إلى القائمة (C D) فتصبح القائمة الجديدة هي:

((A B) C D)

ولنفرض الآن أننا نرغب في إضافة علامة مرور جديدة إلى القائمة SIGNS التي عرضناها في مثال سابق، يمكننا في هذه الحالة أن نكتب التعبير:

(CONS ' YIELD SIGNS)

عند تقييم مثل هذا التعبير فإن العنصر الجديد YIELD ينضم إلى بداية القائمة SIGNS التي سبق أن خصصنا لها العنصرين:

(STOP SLOW)

وبذلك تصبح القائمة الجديدة هي:

(YIELD STOP SLOW)

(٦ - ٦) اللهجات المختلفة في لغة ليسب

تتعدد اللهجات بلغة ليسب نتيجة لكثرة التطوير الذي جرى عليها، ربما في جهات مختلفة في نفس الوقت. وقد انتهى الأمر بوجود نوعين أساسيين من اللغة هما:

- لغة ليسب للشاطىء الشرقي (East Coast LISP)
- لغة ليسب للشاطىء الغربي (West Coast LISP)

وبالطبع فإن كل من إسمي الشاطىء الشرقي والغربي يختص بالولايات المتحدة الأمريكية كموقع جغرافي لأن لغة ليسب هي لغة الأمريكيين في مجال الذكاء الصناعي.

لغة ليسب للشاطىء الشرقي:

تم تطوير اللهجة الأصلية لهذا الطراز بمؤسسة MIT في معامل الذكاء الاصطناعي وقد عرفت الاسم MacLISP.

وفي مرحلة تالية تم تطوير لغة قياسية أطلق عليها الاسم Common LISP. ثم جاءت نسخة جديدة معدلة هي Zeta LISP تتميز بأنها تعمل على مختلف ماكينات لغة ليسب مثل:

Symbolics 3600
LMI Lambda

ثم ظهرت لغات أخرى تم تطويرها للكومبيوتر الشخصي IBM والكومبيوترات المتوافقة معه. وأهم هذه اللغات هي : GC - LISP والاسم هو اختصار للعبارة Golden -Common LISP.

وفي الوقت الحالي فإن لغة ليسب للشاطىء الشرقي تتضمن اللهجات الآتية:

- **C-LISP**

والاسم اختصار للعبارة Conversational LISP بمعنى لغة ليسب المتحدثة أو المحادثة بلغة ليسب. وقد تم تطويرها بجامعة «ماساتشوستس».

- **Franz LISP**

وتم تطويرها بجامعة كاليفورنيا في باركلي.

- **NIL**

والاسم هو اختصار العبارة New Implementation of LISP وقد جاءت هذه اللهجة من مؤسسة MIL.

- **PSL**

والاسم اختصار للعبارة Portable Standard LISP بمعنى لغة ليسب القياسية المنقولة. وكلمة «المنقولة» تعني إمكان استخدامها على مختلف الأجهزة. وقد طوّرت هذه اللغة جامعة «أوتاه» (Ultah).

- **SCHEME**

وهي لهجة أخرى جاءت من مؤسسة MIT.

- **T**

والحرف T هو اختصار كلمة True

وجاءت هذه اللهجة من جامعة يال (Yale University).

لغة ليسب للشاطى الغربي

تم تطوير اللهجة الأصلية لهذا الطراز في إحدى الشركات في بوسطن، تسمى (BBN).

أما اللهجة المعروفة لهذه اللغة فهي :

- **inter LISP**

والاسم مختصر العبارة : «interactive LISP»

وقد صممت هذه اللغة لتعمل على الماكينات الآتية :

السلسلة Xerox 1100

DEC VAX

(٦ - ٧) اللغات الأخرى للذكاء الاصطناعي

رغم أن لغة ليسب هي اللغة الأولى التي تتمتع بشعبية في الولايات المتحدة الأمريكية لكن لغات أخرى ما زالت في الساحة تتمتع بدرجات إنتشار مختلفة في أمريكا وأوروبا، نذكر منها:

● **POP - 2**

وقد جاءت هذه اللغة من جامعة ايدنبرج (Edinburgh).

● **PROLOG**

وقد ابتكرت اللغة في فرنسا بجامعة مرسيليا (Marseilles) وهي اللغة المنتشرة في أوروبا. واسمها مختصر للعبارة: PROgramming in LOGic.

● **SAIL**

وقد جاءت من جامعة ستانفورد ويعتبر الاسم مختصر للعبارة:

Stanford Artificial Intelligence Laboratory

● **smalltalk**

وقد جاءت من مركز الأبحاث «زيروكس» «Xerox Palo Alto Research Center» ويطلق عليه اختصاراً «Xerox PARC»

ومن بين هذه اللغات تتميز لغة برولوج (PROLOG) بانتشارها في أوروبا، وكذلك في اليابان كلغة رسمية لمشروع الجيل الخامس للكومبيوتر.

ومع ذلك فالكثيرين من الباحثين الأمريكيين - في مجال المناظرة - لا يعترفون بلغة برولوج كبديل للغة ليسب بل يرى أكثرهم أنها يمكن أن تستخدم كإضافة إلى لغة ليسب لكي تمنحها بعض الملامح لكنها لا يمكن الاعتماد عليها بمفردها في مجال الذكاء الاصطناعي. . . ، لكن الآراء. . مناظرة!

(٦ ـ ٨) تمثيل المعارف
(Knowledge Representation)

يحتفظ كل منا في عقله بنوعين من المعارف:

المعارف الإخبارية:

وهي تشمل الحقائق المختلفة عن الأشياء والأحداث والعلاقات بينها.

المعارف المنهجيّة:

وهي تشمل معلوماتنا عن كيفية أداء الأعمال المختلفة التي نمارسها، وكيفية استخدام معارفنا الإخبارية سواء في تأدية الأعمال أو في فهم المواقف المختلفة.

ولو كان بالإمكان أن نضع في عقل الكومبيوتر قدراً كبيراً من المعارف الإخبارية والمنهجية لوصلنا به إلى درجة ذكاء مماثلة للذكاء الإنساني. ولكن العقبة التي تواجهنا في تنفيذ ذلك هي أننا لا نعلم إلا القليل جداً عن طبيعة المعارف وطرق تمثيلها وتخزينها في العقل البشري. ولذلك فإن السؤال المطروح الآن في مجال أبحاث الذكاء الاصطناعي هو:

«ما هي أفضل طريقة لتمثيل المعارف في الكومبيوتر؟»

في الواقع أنه توجد أكثر من طريقة..

ولكن المفاضلة بين هذه الطرق، ليست سهلة. فقد أثبتت التجارب أن

بعض هذه الطرق تؤدي إلى نتائج ممتازة في بعض التطبيقات لكن كفاءتها تقل كثيراً مع تطبيقات أخرى. أما الأسباب وراء ذلك فليست واضحة! وفي الفقرات التالية نعرض بعض هذه الطرق لتمثيل المعارف في الكومبيوتر.

(٦ - ٨ - ١) المنطق Logic

إن المنطق الرياضي قديم جداً، ويمتد تاريخه إلى ما قبل إختراع الكومبيوتر بكثير. وقد كان من السهل تطبيق المنطق الرياضي بأجهزة الكومبيوتر تطبيقاً مباشراً.

وتعتبر الأنظمة الذكيّة المعتمدة على المنطق الرياضي سهلة التطوير ولكنها مع الأسف محدودة الإمكانات في تمثيل المعارف. فالناس عادة لا تستخدم المنطق وحده في تصرفاتهم وإدارة شئون حياتهم اليومية.

والبرنامج الذكي المعتمد على المنطق الرياضي يتضمن مجموعة من الصيغات (جمع صيغة) المنطقية. وبتطبيق بعض قواعد الاستدلال على قاعدة المعرفة قد يستطيع البرنامج الوصول إلى النتائج المرغوبة.

أما الأنظمة التي تشكل البناء المنطقي في الذكاء الاصطناعي فهي:

١ - الحساب الاقتراحي propositional calculus

٢ - الحساب الإسنادي predicate calculus

الحساب الاقتراحي

تقوم فكرة الحساب الاقتراحي على منطق بسيط يستخدم في تحديد صحة أو خطأ إقتراح ما. كالمثال الآتي:

لنفرض أننا بدأنا بهاتين العبارتين:

١ - إن «توم» قط.

٢ - إذا كان «توم» قطاً فهو من الثدييّات.

فإذا افترضنا صحة العبارتين السابقتين فإن قواعد الحساب الاقتراحي تخبرنا أن العبارة الآتية صحيحة أيضاً:

٣ - إن «توم» من الثدييات.

الحساب الإسنادي

أما الحساب الإسنادي فيستخدم لتحديد العلاقات بين الأشياء وللتعيميم أيضاً. كما في المثال الآتي:

إذا بدأنا بعبارتين مثل:

١ - أن «توم» قط.

٢ - إن كل القطط أكبر حجماً من كل الفئران.

[ونلاحظ خاصية التعميم في العبارة الثانية علاوة على خاصية العلاقات بين الأشياء «أكبر حجماً»]

من العبارتين السابقتين يمكننا باستخدام قواعد الحساب الاسنادي الوصول إلى الحقيقة التالية:

٣ - إن «توم» أكبر حجماً من كل الفئران.

ولنستكمل مثال القط «توم» بأن نضيف علاقة جديدة وهي أن «توم» ملك لإبراهيم. إن علاقة الملكية هذه يمكن التعبير عنها كدالة بالصورة الآتية:

(IS — OWNED—BY)TOM IBRAHIM))

ففي هذه القائمة تعبّر الدالة «IS — OWNED — BY» عن الملكية. ويسمى هذا المنطق بالحساب الاسنادي من الرتبة الأولى

المنطق الرسمي والمنطق الهلامي Formal Logic, Fuzzy Logic

إن قواعد التعليل والاستدلال التي يتضمنها المنطق الرياضي عادة

تسمى بالمنطق الرسمي (formal logic) تمييزاً لها عن نوعية أخرى من المنطق يسمى المنطق الهلامي (fuzzy logic) الذي يستوعب الأحكام التقريبية والنسبية. ولو تأملنا المواقف المختلفة في حياتنا اليومية لوجدنا أننا نستخدم المنطق الهلامي أكثر مما نستخدم المنطق الرياضي. فنحن كثيراً ما نقول «أن الجو حار» أو «الجو بارد» وتكفينا مثل هذه العبارات الهلامية لكي نفهم المضمون بدون الحاجة إلى استخدام أرقام محددة مثل «إن درجة الحرارة اليوم ٣٥ درجة مئوية»...

بل إن المنطق الهلامي قد يكون - في بعض الأحيان - مفهوماً أكثر من المنطق الرسمي لدى إغلبية الناس.

فلو أنك كنت تعيش في بلاد تستخدم التدريج الفهرنهيتي كمقياس لدرجة الحرارة فإن عبارة مثل «درجة الحرارة ٣٥ دجة مئوية» لن توصّل إليك المعنى المقصود قبل أن تجري عملية تحويل من التدريج المئوي إلى الفهرنهيتي. وكذلك فإنك لو كنت معتاداً على التدريج المئوي فإن عبارة مثل «درجة الحرارة ٣٥ فهرنهيت» لن تنقل إليك بسهولة المعنى المقصود وهو أن «الجو بارد جداً».

أما العبارات بارد، بارد جداً، حار، معتدل... إلى آخره فهي عبارات مفهومة في كل مكان ولكل الناس أيا كانت درجة ثقافتهم.

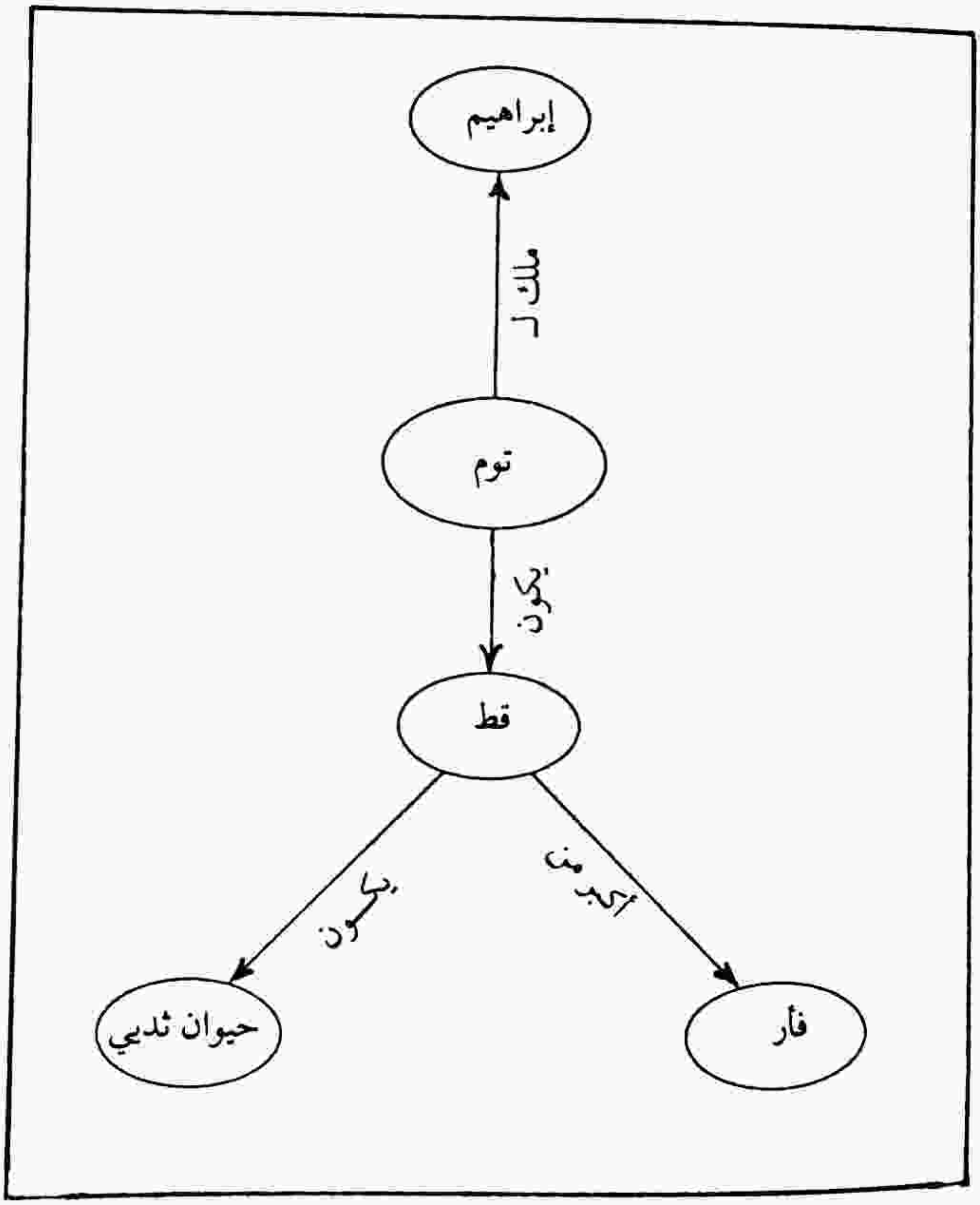
ويعتمد باحثو الذكاء الاصطناعي على هذا اللون من المنطق أكثر مما يعتمدون على المنطق الرسمي إذ يجدون فيه «الطريقة الإنسانية في التفكير»!

(٦ - ٨ - ٢) الشبكات الموضوعية Semantic Networks

من الممكن أيضاً تمثيل المعارف الإخبارية بالرسم باستخدام ما يسمى بالشبكات الموضوعية التي تساعد على تبسيط العلاقات المعقدة وإظهارها

في صورة أكثر وضـوحاً، ممـا يسهّل عمليـة الاستدلال والاستنتـاج للحقائق المختلفة. ففي المثال السابق الذي عـرضناه عن القط والثـدييات والفئـران يمكننا عرض جميع هذه العلاقات الوصفية بالرسم كما في شكل (٦ - ٤).

ونلاحظ في الشكل أن الشبكـة الموضـوعية تتكـون من عُقد (nodes) تمثل الحقائق المختلفة، ووصلات (links) تمثل العلاقات بين هذه الحقائق. فالحقائق الواردة بالشكـل هي «إبراهيم»، «تـوم»، «قط»، «حيوان ثـديي»، «فأر»... أما العلاقات فهي «يكون»، «أكبر من»، «مِلْك».



شكل (٦ - ٤) شبكة موضوعية

وكما نرى فإن العلاقات بين الموضوعات تبدو أكثر وضوحاً، بمجرد تتبع الأسهم. فمن السهل من الرسم أن نستنتج علاقات مباشرة مثل:

«إن القط توم ملك لابراهيم».

و«إن القط حيوان ثديي وأنه أكبر من الفأر».

كما يمكن الوصول بسهولة إلى علاقات غير مباشرة مثل:

«إن توم حيوان ثديي».

و«إن توم أكبر من الفأر».

هذه العلاقات ليست مباشرة في الرسم لأنه لا توجد وصلات مباشرة تصل بين «توم» وبين الحيوان الثديي أو بينه وبين الفأر. ولكن لأن «توم» هو قط فإنه يرث هذه العلاقات جميعاً عن القط. وتسمى هذه العلاقات بالخصائص الموروثة (inherited properties) فإذا كان البرنامج الذكي يستخدم مثل هذه الخريطة الموضوعية كشبكة لتمثيل العلاقات بين الموضوعات المختلفة فلن يكون من العسير على البرنامج أن يجيب على السؤال: «هل توم أكبر من الفأر؟»

لقد تم استخدام الشبكات الموضوعية بالفعل في النظام الخبير «بروسبكتور» الذي تحدثنا عنه من قبل وقد أثبتت نجاحاً ملموساً.

(٦ - ٨ - ٣) نظم الإنتاج Production systems

تصلح الطرق المنطقية والشبكات الموضوعية لتمثيل المعارف الإخبارية. لكننا نحتاج عند إنشاء النظم الخبيرة إلى تمثيل المعارف المنهجية أيضاً.

وتعتبر «نظم الإنتاج» هي أكثر الوسائل إنتشاراً في الوقت الحالي

لتحقيق هذا الهدف، فهي تستخدم قواعد الانتاج لتمثيل المعارف المنهجية التي تصف الخطوات المطلوب إتخاذها في موقف معين.

وقواعد الإنتاج هي الطريقة التقليدية لتمثيل الخبرات التجريبية (jeuristics) فعلى سبيل المثال يمكننا تمثيل أحد الخبرات الشخصية بالصورة الآتية:

«إذا كان احتمال سقوط المطر أكثر من ٥٠٪»
«فلتحمل معك مظلة المطر».

هذه هي إحدى صور قواعد الإنتاج التي تتكون من جزئين: عبارة الشرط «إذا كان احتمال. . .» وعبارة النتيجة المترتبة على الشرط «فلتحمل معك. . .»

مثل هذه القواعد قد استخدمت في البرنامج الطبي الشهير «مايسين» الذي قدمناه من قبل كمثال.

وتتميز نظم الإنتاج بأنها تحقق الوضوح للبرنامج مما يجعله سهل التعديل بالإضافة أو بالحذف.

(٦ - ٩) البحث (SEARCH)

لو أنك شرعت في عبور طريق مزدحم بالسيارات فلعلك لا ترسم خطة واضحة لعملية العبور، بل تبدأ التحرك من نقطة البداية في التوقيت الذي تعتقد أنه مناسب، وفي الطريق قد تتخذ بعض القرارات الصغيرة كأن تتوقف في منتصف الشارع حتى تتفادى سيارة مسرعة.

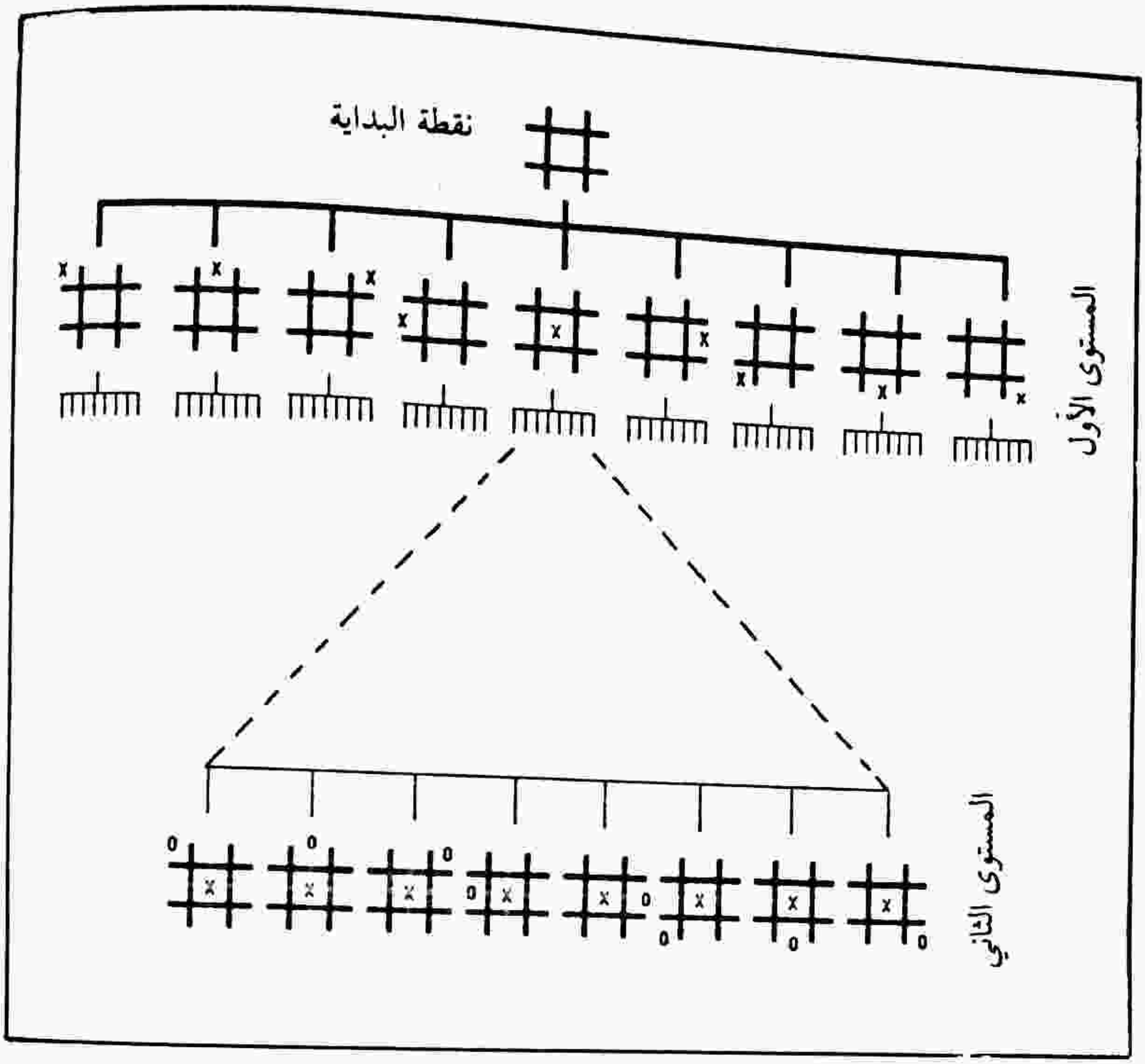
لكنك إذا عزمت على القيام برحلة كبيرة كجولة في أوروبا أو بين الولايات المختلفة في أمريكا. ففي هذه الحالة لا غنى عن خطة مدروسة تحدد فيها نقطة البداية والطرق المناسبة للسفر التي توفّر الوقت والمال حتى تبلغ نقطة النهاية. وفي مجال الذكاء الاصطناعي فإن كل المهام مهما كانت بسيطة تحتاج دائماً لخطة تصل بالبرنامج من نقطة البداية إلى نقطة النهاية، وما بين النقطتين فإن هناك العديد من البدائل والاختيارات يقوم البرنامج بالبحث فيها لاختيار أفضل الطرق. وأما تكنيكات البحث المستخدمة فقد كانت هي الشغل الشاغل لباحثي الذكاء الاصطناعي لفترة طويلة، وقد كانت جميعها تهدف إلى تحديد حيّز البحث وهو الحيز الذي يشمل البدائل والاختيارات المختلفة.

(٦ - ٩ - ١) شجرة الألعاب . . شجرة البحث Game/Search tree

عندما بدأت رحلة الذكاء الاصطناعي كان الاهتمام الأكبر للباحثين منصّباً على الألعاب الكومبيوترية. فالألعاب جميعاً تتميز بأن لها نقطة بداية ونقطة نهاية أو هدف نهائي وما بين البداية والنهاية نستخدم تكنيك البحث في الوصول للهدف النهائي من أقصر الطرق. وقد كانت إحدى الطرق المستخدمة لتمثيل حيز البحث هي شجرة الألعاب التي تقع بدايتها عند القمة، وتتوالى فيها المستويات حتى نصل إلى القاع.

ولنضرب مثلاً باللعبة الكومبيوترية المعروفة «تيك - تاك - تو» التي يؤديها لاعبان ويحاول كل منهما أن يرسم ثلاث علامات تقع على خط مستقيم في خانات الشكل الموضح (شكل ٦ - ٥). ويحاول كل لاعب في نفس الوقت أن يفسد على زميله هذه المهمة بأن يرسم علامة مخالفة.

فإذا نظرنا إلى الشكل (٦ - ٥) سوف نجد أن اللعبة تبدأ من نقطة معينة عندما تكون جميع الخانات خالية. وعندما يبدأ اللاعب الأول في اللعب فإنه يقرر أن يضع العلامة (×) في واحدة من تسع خانات محتملة. ونظير أي حركة من اللاعب الأول فإن اللاعب الثاني يتمتع بثماني فرص مختلفة لكي يضع علامته (o) في إحدى الخانات الثمانية المتبقية. وهكذا نرى أن فروع الشجرة تنمو نمواً سرطانياً. فمع الحركة الأولى للاعب الأول (ولنقل المستوى الأول) كان عدد الاختيارات ٩×٨=٧٢ اختياراً. ومع كل اختيار تنشأ في الشجرة عقدة جديدة قابلة للتفرع. ولو حسبنا عدد العقد (أو الاختيارات) الناتجة في المستوى الثالث لوجدنا أنها ٧٢×٧=٥٠٤. إنه إنفجار في الأرقام، يطلق عليه إنفجار التوافيق (combinatorial explosion).



شكل (٦ ـ ٥)

شجرة البحث حتى المستوى الثاني للعبة المعروفة «تيك ـ تك ـ تو»

(٦ ـ ٩ ـ ٢) تكنيكات البحث

أما طرق البحث المستخدمة فهي تعتمد دائماً على طبيعة المشكلة، ولكن هناك اعتبارات لا بد أن تؤخذ في الحسبان، فقد يتم البحث بالعرض أو بالعمق فعلينا أن نقرر بأيهما نبدأ، كما يجوز أن يتسلسل البحث من البداية إلى النهاية أو من النهاية إلى البداية.

فلنوضح . . .

●البحث بالعرض والبحث بالعمق (Breadth - first/Depth - forst)

إذا بدأنا بالبحث بالعرض في لعبة مثل لعبة تيك - تاك - تو التي عرضناها التو فيعني ذلك أن ندرس جميع العُقد الموجودة في كل مستوى من مستويات الشجرة قبل الانتقال إلى المستوى التالي. والهدف من الدراسة بالطبع هو معرفة إذا ما كان الهدف النهائي قد تحقق أم لا.

ويوضح الشكل (٦ - ٥) مثالاً لطريقة البحث بالعرض في اللعبة حيث نبدأ بتقييم جميع عقد كل مستوى قبل الانتقال في العمق إلى المستوى التالي.

وبالطبع فإن البدء بالبحث بالعرض مع لعبة مثل هذه لا بأس به لأن مستويات الشجرة لن تتعدى تسعة مستويات، ورغم الانفجار العددي الذي يحدث عند الانتقال من مستوى إلى آخر فإن الكومبيوتر قادر على معالجة مثل هذا الكم من الأعداد.

أما مع لعبة أخرى مثل الشطرنج فإنها تحتوي على $١٠^{١٢٠}$ وضعاً مختلفاً (أو عقدة) فإذا بدأ الكومبيوتر عملية البحث بالعرض فليس من المتوقع أن يتقدم خطوة واحدة! وفي هذه الحالة فإن البحث بالعمق يصبح ضرورياً.

والبحث بالعمق يعني انتقاء أحد العُقد في المستوى الأول ثم الانتقال إلى أحد العقد بالمستوى الثاني وهكذا حتى نصل إلى الهدف المقصود. وهذا المنطق نراه في الشكل (٦ - ٦) لتمثيل لعبة تيك - تاك - تو كخطوات متتابعة من الانتقال في العمق بين لاعبين.

وكما نرى في الشكل فإن اللاعب الذي استخدم العلامة (×) قد تحقق له الفوز بالوصول إلى الهدف النهائي عند المستوى الخامس.

●البحث بالتقدم للأمام أو بالتقهقر إلى الخلف
(Forward/backward chaining)

في المثال الذي عرضناه في الشكل (٦ - ٦) عن لعبة تيك ـ تاك ـ تو، نرى أن عملية البحث قد بدأت مع بداية اللعبة وتقدمت إلى الأمام نحو الهدف النهائي. ويطلق على هذه العملية البحث المتسلسل إلى الأمام وهي تصلح عندما يكون عدد الحالات الابتدائية أقل من عدد الحالات النهائية المحتمل الوصول إليها. لكننا مع مواقف أخرى قد نبدأ البحث إلى الخلف، بمعنى أن نبدأ بالهدف النهائي ونتسلسل في التفكير إلى الخلف خطوة بخطوة حتى نحدد ما هي الخطوة التي يجب أن نبدأ بها. ولنضرب لذلك مثلاً بموقف من الحياة:

لنفرض أن هدفك النهائي الذي تحلم به أن تكون طبيباً مشهوراً.

لكي تكون طبيباً مشهوراً يجب أولاً أن تكون طبيباً.

ولكي تكون طبيباً يجب أن تتخرج من كلية الطب.

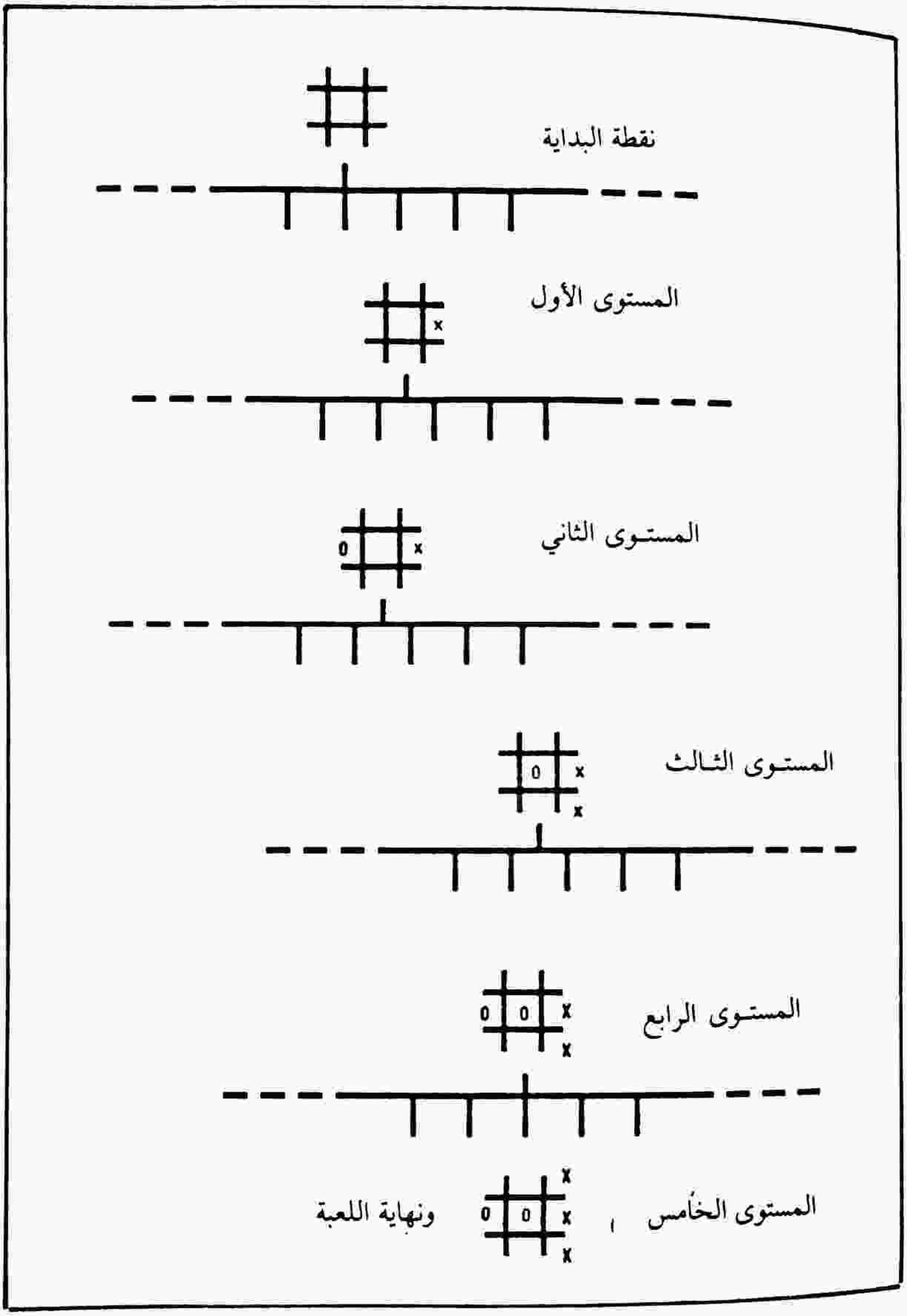
ولكي تتخرج من كلية الطب يجب أن تلتحق بكلية الطب.

ولكي تلتحق بكلية الطب يجب أن تحصل على درجات عالية في الثانوية العامة.

ولكي تحصل على درجات عالية في الثانوية العامة يجب أن تبدأ الاستذكار الجدي من الليلة!

هذه هي طريقة البحث بدءاً من الهدف النهائي إلى الخلف حتى نقطة البداية.

وفي مثل هذا المثال ربما لا تصلح طريقة أخرى للبحث. فلو أنك بدأت مثلاً بالسؤال: ماذا أفعل هذه الليلة؟ هل أستذكر أو أزور أحد الأصدقاء أو أذهب إلى السينما أو. . . إلى آخره. .



شكل (٦ ـ ٦)

البحث بالعمق أولاً في لعبة «تيك ـ تاك ـ تو»

إذا بدأت بدراسة هذه البدايات واحدة تلو الأخرى - مع إغفال الهدف النهائي - فإنك سوف تقع في سفسطة فرعية لا تنتهي ولا طائل من ورائها. ومع ذلك فهناك مواقف يجب فيها الجمع بين طريقتي البحث للأمام وللخلف في آن واحد. وهذه الطريقة تسمى البحث في اتجاهين (bidirectional search) ومع لعبة مثل لعبة الشطرنج فإن هذه الطريقة قد تصبح فعالة، حيث تفكر في «كش» الملك وفي نفس الوقت تفكر في البداية المناسبة، ومع كل نقلة من النقلات تراجع تقييم الخطة في الاتجاهين الأمامي والخلفي.

وربما تبدأ مع الشطرنج بالتفكير إلى الأمام، ولكنك بعد أن تشتد المعركة تجد أن من الأوفق ربط الهدف النهائي مع البداية المناسبة لخطة الهجوم على الملك وبذلك تبحث في اتجاهين في آن واحد.

وفي الواقع العملي فإن البحث في الاتجاهين هي الطريقة المفضلة في مجال برامج الذكاء الاصطناعي.

● **البحث الأعمى (blind search)**

أياً كانت الطريقة المستخدمة في البحث: سواء للأمام أو للخلف أو بالعرض أو بالعمق فكل هذه الطرق تعتمد على الانتقال من عُقدة إلى عُقدة في شجرة الاحتمالات وفحصها على حدة وتقييمها، ولذلك فإن هذه الطرق جميعاً تسمى طرق البحث الأعمى لأنها تفتقد عنصراً هاماً من العناصر الإنسانية وهو الخبرة.

وما الفارق - في مباراة الشطرنج - بين لاعب ذكي ولاعب خبير؟ إن شجرة الاحتمالات للعبة شطرنج شجرة هائلة بها ملايين العقد، وملايين الفروع.

ولو تصورنا مباراة بين لاعب ذكي (لكنه مبتديء) ولاعب خبير، فإن

اللاعب المبتديء سوف يضيع الوقت في تقييم كل الاحتمالات والخطط وقد ينتهي الأمر به إلى رفض معظمها، أما اللاعب الخبير فهو يعرف مقدماً ما هي الاحتمالات التي يبحثها وما هي الاحتمالات التي يتغاضى عن التفكير فيها لذلك فهو لا يضيّع الوقت ويصل إلى الهدف من أقصر الطرق. وبذلك فإن شجرة الاحتمالات بالنسبة له أقل تشعباً. .

إنها مسألة تشبه عملية إصلاح التلفيزيون. . بالخبرة أو من المبادىء الأولية! ولذلك فكر باحثو الذكاء الاصطناعي في إمداد الكومبيوتر بشيء من الخبرة تعينه أثناء البحث على تقليم الشجرة وتقليل فروعها وعقدها بقدر الإمكان.

(٦ - ٩ - ٣) استخدام الخبرة في البحث heuristic search

نحن لا نضمن - يقيناً - أن اللاعب الخبير سوف يهزم اللاعب الذكي في مباراة الشطرنج، كما لا نضمن أن المهندس الخبير في التليفزيون سوف يتفوق دائماً على مهندس مبتديء يتمتع بالفراسة والتمكن. ولكن الخبرة غالباً ما تنتصر، وهي حتماً توّفر وقت البحث.

وفي مجال الذكاء الاصطناعي هناك طرق معروفة للبحث المعتمد على الخبرة نوجزها في الآتي:

(١) طريقة تقليل الفوارق (Difference Reduction)

تعتمد هذه الطريقة على استخدام طريقتي البحث إلى الأمام والبحث إلى الخلف معاً بهدف تقليل المسافة ما بين العقدة الحالية والهدف النهائي، وذلك بتحديد أهداف متوسطة في الطريق إلى الهدف النهائي.

ولنفرض أنك تلعب مباراة للشطرنج، وفي أثناء المباراة، أسعفتك خبرتك بخطة مجربّة لقتل الملك، ولكنك عندما دققت النظر في وضع قطع

الشطرنج اكتشفت أن «الطابية» ليست في الوضع المعّين الذي يسمح بتنفيذ الخطة مباشرة. عليك في هذه الحالة أن تنسى الهدف النهائي مؤقتاً وتبدأ في التفكير (بالبحث إلى الأمام) في كيفية نقل الطابية من وضعها الحالي (العقدة الحالية) إلى الوضع المطلوب لتنفيذ الخطة المجرّبة. وهكذا يمكن تقسيم المسألة الرئيسية إلى مسائل فرعية متوسطة، وبحل المسائل الفرعية واحدة تلو الأخرى نصل إلى الهدف النهائي.

(٢) طريقة تسلق الجبال (Hill Climbing)

إنها مهارة يعرفها جيداً من جرّب رياضة تسلق الجبال، فهو أثناء الصعود يتوقف عند نقط حاكمة ليعرف مدى اقترابه من قمة الجبل، وهو في بعض الأحيان قد يغير مساره تماماً ويلجأ إلى مسار آخر حتى لو تطلب الأمر الهبوط خطوة أو خطوتين فقد يكتشف عند مرحلة معينة أنه قد سلك مساراً يبعده عن القمة أو يدور حول الجبل بلا فائدة.

وفي هذا التكنيك للبحث نستخدم أسلوباً مشابهاً حيث نتوقف عند كل عقدة ونحسب مدى قربنا من الهدف النهائي، فإذا كان هذا المسار يقربنا من الهدف ننتقل إلى عقدة أخرى وهكذا. أما إذا كان المسار يبعدنا عن الهدف فلا بد من العودة «إلى الخلف» لاختيار مسار جديد.

(٣) طريقة الحد الأدنى والحد الأقصى (minimax)

تستخدم هذه الطريقة «لتقليم» شجرة البحث في لعبة يلعبها اثنان. وعند الانتقال من عقدة إلى أخرى فإنك تقيم كل عقدة بحسب ما تمنحك من فائدة وما تمنح المنافس من خسارة! أو بأسلوب آخر فإن العقدة يجب أن تقيم على أساس الحد الأقصى للفائدة التي تحققها لك والحد الأدنى للفائدة التي تحققها لمنافسك.

(٤) طريقة التقييم الاستاتيكي (static evaluation)

يلعب انفجار الأعداد دوراً خطيراً في طريقة البحث بالعرض والتقدم إلى الأمام. ولكننا قد نستطيع تقليم شجرة البحث باستبعاد العقد ذات القيم المنخفضة.

وبصفة عامة فإن عملية التقييم المستخدمة تعتمد بصفة أساسية على نوعية المشكلة. ففي لعبة كالشطرنج يجب أن يدخل في تقييم كل نقلة عوامل مثل قوة القطعة النسبية، وعلاقة النقلة بمركز المعركة الرئيسية.

تذكر هذه المصطلحات

symbolic processing	معالجة الرموز
Information Processing Language (IPL)	لغة أي . بي . إل
LIST Processor (LISP)	لغة ليسب
association	الارتباط
cell	خلية
field	حقل
pointer	مؤشر
list	قائمة
array	مصفوفة
recursion	خاصية التواتر (استدعاء البرنامج لنفسه)
compiler	مترجم تجميعي
interpreter	مترجم فوري
text editor	برنامج للتحرير (أو مُحرّر)
debugger	برنامج لإصلاح الأخطاء
windows	النوافذ
atoms	الذرات
procedures	المناهج (أو البرامج الفرعية أو الروتينات)
expression	تعبير
symbolic expression	تعبير رمزي
primitive procedur	منهج أوّلي

منهج مبتكر	*user—defined—procedure*
لغة برولوج	*PROgramming in LOGic (PROLOG)*
المنطق	*logic*
المنطق الرسمي (أو التقليدي)	*Formal logic*
المنطق الرياضي	*mathematical logic*
المنطق الهلامي (الأحكام التقريبية والنسبية)	*fuzzylogic*
حساب التفاضل والتكامل	*calculus*
الحساب الاقتراحي	*propositional calculus*
الحساب الاسنادي	predicate calculus
علم دلالات الألفاظ	*sematics*
الشبكات الموضوعة	*srmantic networks*
عقدة	*node*
وصلة	*link*
الخصائص الموروثة	*inherited properties*
نظم الإنتاج (أو المبنية على قواعد الإنتاج)	*production systems*
شجرة الألعاب	*game tree*
شجرة البحث	*search tree*
انفجار التوافيق	*compinational explosion*
البحث الأعمى	*blind search*
البحث بالخبرة	*heuristic search*
البحث بالعرض أولاً	*breadth—first search*
البحث بالعمق أولاً	*depth—first search*
البحث بالتقدم إلى الأمام	*forword chaining*
البحث بالتقهقر إلى الخلف	*backword chaining*
طريقة تقليل الفوارق	*difference reduction*
طريقة تسلق الجبال	*hill climbing*
طريقة الحد الأدنى والحد الأقصى	*minimax*
طريقة التقييم الاستاتيكي	*static evaluation*

الخلاصة

١ . رغم أن أجهزة الكومبيوتر قد صنعت خصيصاً لمعالجة الأرقام، لكن امقـدرة معالجة الرموز تعتبر من ملامح ذكاء الكومبيوتر! .

٢ . تعتبر لغة ليسب (LISP) هي اللغة الأولى في مجال الذكاء الاصطناعي في الـولايات المتحدة الأمريكية . وهي تعتمد في بنائها على القوائم والتكنيكات المتواترة لتسهيل بناء برامج الذكاء الاصطناعي .

٣ . تعتبر لغة برولوج (PROLOG) من لغات الذكاء الاصطناعي التي تتمتع بدرجة إنتشار عالية في اليابان وأوروبا .

٤ . يتم تمثيل المعارف في صورة معارف خبرية ومعارف منهجية .
ولكنه لا توجـد طريقـة واحدة لتمثيـل المعارف بـل تتعدد الـطرق وتشمل المنـطق، الشبكات الموضوعية، نظم الانتاج .

٥ . يطلق اسم البحث (search) على عملية التقدم من نقطة البداية نحو الهدف النهـائي أثناء معالجة مشكلة ما . أما التشعبات المختلفـة والاحتمالات التي تقـع بين البدايـة والنهاية فيطلق عليها شجرة البحث .

٦ . تتضمن طـرق البحث : البحث بـالعـرض أولاً ، والبحث بـالعمق أولاً ، والبحث إلى الأمـام أو إلى الخلف، كمـا تستخـدم الـوسـائـل المختلفـة المعتمـدة على الخبـرة والتجريب «لتقليم» فروع شجرة البحث وتقصير الطريق إلى الهدف النهائي .